



**KAJIAN ULANG STABILITAS GESER DAN GULING *PARAFET*
DI SUNGAI GRINDULU KABUPATEN PACITAN**

PROYEK AKHIR

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik**



Oleh :

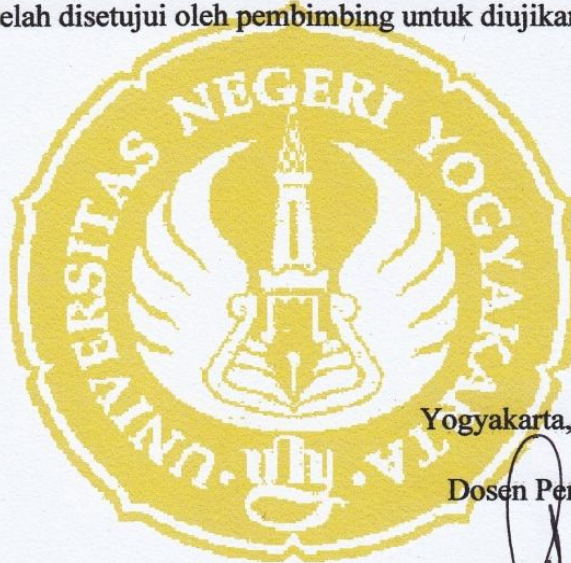
**Robydiansah
NIM. 08510131010**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2012

PERSETUJUAN

Proyek akhir yang berjudul “KAJIAN ULANG STABILITAS GESER DAN GULING *PARAFET* DI SUNGAI GRINDULU KABUPATEN PACITAN” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 7 juni 2012

Dosen Pembimbing


Drs. H. Lutjito, M.T
NIP. 19530528 197903 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

KAJIAN ULANG STABILITAS GESER DAN GULING *PARAFET* DI SUNGAI GRINDULU KABUPATEN PACITAN

Dipersiapkan dan disusun oleh :

NAMA : ROBYDIANSAH




NIM : 08510131010

Telah dipertahankan di depan Panitia Penguji Proyek Akhir Jurusan Pendidikan
Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 7 juni 2012

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh Gelar Ahli Madya

Susunan Dewan Penguji

NamaLengkap	Jabatan	TandaTangan	Tanggal
1. Drs. H. Lutjito, M.T	Ketua/Pembimbing		11/6/12
2. Ir. Endaryanta, MT	PengujiUtama I		11/6/12
3. Ir. Surahmad Mursidi	PengujiUtama II		11/06/12

Yogyakarta, 7 juni 2012
DekanFakultasTeknik
UniversitasNegeriYogyakarta




Dr. Moch. BruriTriyono

NIP. 19560216 198603 1 003

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka

Yogyakarta, Juni 2012

Yang Menyatakan,



Robyadiansah
NIM. 08510131010

ABSTRAK

KAJIAN ULANG STABILITAS GESER DAN GULING *PARAFET* DI SUNGAI GRINDULU KABUPATEN PACITAN

Oleh :

Robydiansah
NIM. 08510131010

Banyak kemudahan yang didapat dalam pencapaian kebutuhan masyarakat akan sarana, prasarana dan kehidupan yang memadai. Memudahkan masyarakat dalam menjalankan aktifitas sehari-hari baik dalam bidang pertanian ataupun perkebunan. Dalam menjalankan kegiatan tersebut pasti ada suatu halangan yang membuat masyarakat sulit untuk memulai aktifitas, terutama masyarakat di bantaran sungai Grindulu. Banjir adalah sesuatu yang tidak bisa diramalkan masyarakat setempat, sehingga rasa khawatir selalu terbayang dalam menjalankan aktifitas sehari-hari mereka. Salah satu cara yang dilakukan pemerintah untuk meminimalkan bahaya banjir adalah dengan membangun tanggul penahan banjir (*parafet*) yang dibangun di bantaran sungai Grindulu. Agar bangunan ini dapat berfungsi dengan baik, maka stabilitas bangunan harus baik pula. Oleh karena itu, penulis mencoba untuk menganalisis stabilitas *parafet* terhadap bahaya guling dan geser.

Metode observasi dan metode dokumentasi merupakan metode yang digunakan dalam penyusunan Proyek Akhir ini. Metode observasi bertujuan untuk mencari data-data yang diperlukan dengan datang langsung ke tempat *parafet* dibangun, mengamati aliran sungai, mencocokkan gambar kerja dengan keadaan di lapangan, mengamati proses pembangunan *parafet* dan mengamati hasil akhir bangunan. Metode dokumentasi bertujuan untuk mencari data-data yang diperlukan dalam perhitungan, seperti gambar kerja, data-data tanah dan data lainnya.

Berdasarkan analisis dan perhitungan, maka hasil yang didapat adalah sebagai berikut : *parafet* tidak aman terhadap bahaya guling dan geser, karena angka keamanan kurang dari angka aman yang disyaratkan. Tetapi terdapat dua penyangga di setiap titik yang dapat menahan penggulingan dan penggeseran yang diakibatkan banjir.

Kata kunci : Stabilitas, *Parafet*, Grindulu

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah, serta inayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini. Pada Laporan ini penyusun mengambil judul **“KAJIAN ULANG STABILITAS GESER DAN GULING *PARAFET* DI SUNGAI GRINDULU KABUPATEN PACITAN”**.

Dengan terselesaikannya Proyek Akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil pada khususnya. Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Proyek Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Agus Santoso, M.Pd, selaku ketua jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Drs. H. Lutjito, M.T, selaku dosen pembimbing penyusunan Proyek Akhir yang selalu sabar dan memberi banyak saran dan masukan pada Proyek Akhir ini.
4. Bapak Darmono, MT selaku Pembimbing Akademik.

5. Kedua Orang Tua ku yang selalu memberi kepercayaan, dukungan, dan doa yang tiada henti-hentinya.
6. Teman-teman Teknik Sipil khususnya D3 angkatan 2008 yang selalu ceria dan kompak.
7. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa Proyek Akhir ini ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun akan sangat menghargai kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan Proyek Akhir ini. Semoga Proyek Akhir ini bermanfaat.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juni 2012

Robydiansah

MOOTO

- *Manfaatkanlah waktu sebaik mungkin, karena waktu tidak akan kembali*
- *Jangan menunggu waktu yang tepat untuk melakukan sesuatu, karena waktu tidak akan pernah tepat bagi mereka yang menunggu*
- *Waktu adalah perhiasan dunia yang mahal*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran ALLAH SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-NYA, saya persembahkan Proyek Akhir ini kepada orang yang selalu mendukungku :

1. Ayahanda Sukatman dan Ibunda Siti Maryam atas seluruh perjuangannya membiayai hidup saya.
2. Kakak saya Imam Syahroni dan adik saya Meilia Fitriyaningsih terima kasih atas dukungan dan selalu memotivasi.
3. Bapak dan ibu kost yang selalu membimbing kita untuk tetap di jalan yang benar selama jauh dari orang tua.
4. Semua teman – teman D3 Teknik Sipil '08, semoga kita tidak melupakan perjuangan kita bersama.
5. Teman-teman seperjuangan dari Pacitan yang selama ini mendukung saya untuk segera menyelesaikan Proyek Akhir ini.
6. Semua sahabat yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
 BAB I . PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Kajian	4
F. Manfaat Kajian	4

BAB II . KAJIAN TEORI

A. Tanah	5
1. Identifikasi Tanah	5
2. Sifat-sifat Teknis Tanah	6
a. Tanah Granuler	6
b. Tanah Kohesif	8
c. Tanah-tanah Lanau dan Loess	8
d. Tanah Organik	9
3. Kadar air, Angka Pori, Porositas, dan Berat Volume Tanah	9
B. Tekanan Tanah	12
1. Tekanan tanah saat diam	13
2. Tekanan tanah saat aktif	15
3. Tekanan tanah saat pasif	17
4. Tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif pada tanah tak berkohesi ($c=0$) menurut Teori Rankine (1857)	20
5. Tekanan Tanah Lateral pada Tanah Kohesif	25
C. Beban Bekerja pada Dinding Penahan Banjir	27
1. Beban mati	27
2. Beban hidup	27
3. Tekanan Air	27
4. Berat Bangunan	28
D. Tekanan Angkat (<i>uplift</i>)	28
E. Gaya Gempa	29

F. Gaya-gaya pada Dinding Penahan Banjir	31
1. Tekanan Tanah Aktif	31
2. Gaya Hidrostatik Air	32
3. Tekanan Tanah Pasif	34
4. Tekanan Uplift	35
G. Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan	36
1. Stabilitas terhadap bahaya geser	36
2. Stabilitas terhadap bahaya guling	38
 BAB III . METODE KAJIAN	
A. Tahap Persiapan	40
B. Metode Pengumpulan Data	40
1. Metode Observasi	40
2. Metode Pengambilan Data	41
3. Metode Analisis	41
C. Tahap Pengolahan Data	41
D. Tahap Pemecahan Masalah	41
E. Alur Perhitungan	43
 BAB IV . ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Pengumpulan Data	44
B. Langkah Perhitungan	45
1. Perhitungan tekanan tanah aktif	48
2. Tekanan hidrostatik aktif	50

3. Perhitungan tekanan tanah pasif.....	51
4. Tekanan hidrostatik pasif.....	52
5. Menghitung gaya uplift.....	53
6. Berat bangunan.....	55
7. Gaya gempa.....	56
8. Faktor keamanan terhadap geser dan guling.....	60

BAB V . PENUTUP

A. Kesimpulan	62
----------------------------	----

B. Saran	63
-----------------------	----

DAFTAR PUSTAKA	65
-----------------------------	----

LAMPIRAN	66
-----------------------	----

DAFTAR NOTASI

B	= Lebar pondasi (m)
c	= Kohesi tanah (kN/m^2)
h	= Ketinggian dinding penahan air (m)
K_a	= Koefisien tekanan tanah aktif
K_p	= Koefisien tekanan tanah pasif
M_a	= Momen aktif (kN.m)
M_G	= Momen guling (kNm)
M_p	= Momen pasif (kN.m)
M_T	= Momen tahan (kNm)
M_u	= Momen uplift (kN.m)
P_a	= Tekanan tanah aktif (kN)
P_p	= Tekanan tanah pasif (kN)
SF	= safety faktor
ΣH	= Jumlah beban horizontal (kN)
ΣM	= Momen berat bangunan (kN.m)
ΣV	= Jumlah beban vertikal (kN)
ΣW	= Berat bangunan (kN)
γ_b	= Berat volume tanah (kN/m^3)
γ_k	= Berat volume tanah kering(kN/m^3)
γ_w	= Berat volume air (kN/m^3)
φ	= Sudut gesek dalam tanah ($^{\circ}$)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram <i>fase</i> tanah.....	10
Gambar 2.2. Tegangan tanah pada kondisi diam (<i>at rest</i>)	13
Gambar 2.3. Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (<i>at rest</i>) pada dinding.....	14
Gambar 2.4. Tekanan tanah lateral dan lingkaran Mohr yang mewakili kedudukan tegangan di dalam tanah	16
Gambar 2.5. Diagram tekanan tanah aktif Rankine untuk permukaan tanah urug horisontal.....	20
Gambar 2.6. Diagram tekanan tanah aktif Rankin untuk permukaan tanah urug miring.....	21
Gambar 2.7. Lingkaran Mohr untuk permukaan tanah urug miring.....	22
Gambar 2.8. Diagram tekanan aktif dan pasif pada tanah kohesif.....	26
Gambar 2.9. Pengaruh tekanan uplift pada dinding	29
Gambar 2.10. Koefisien Zona Gempa di Indonesia	31
Gambar 2.11. Tekanan tanah aktif pada dinding penahan.....	32
Gambar 2.12. Tekanan air pada dinding tegak.....	33
Gambar 2.13. Tekanan tanah pasif pada dinding penahan.....	34
Gambar 2.14. Pengaruh tekanan uplift pada dinding penahan banjir.....	35
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> studi kasus.....	43
Gambar 4.1. Penampang parafet.....	45
Gambar 4.2. Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan banjir	48
Gambar 4.3. Tekanan tanah aktif.....	48

Gambar 4.4. Tekanan tanah pasif	51
Gambar 4.5. Gaya uplift	53
Gambar 4.6. Tubuh Parafet	55
Gambar 4.7. Gaya gempa parafet.....	57
Gambar 4.7. Parafet dengan Tiang Penyangga.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Koefisien Jenis Tanah	30
Tabel 2.2. Periode Ulang dan Percepatan Dasar Gempa a_c	30
Tabel 2.3. Harga-harga perkiraan untuk koefisien gesekan.....	37
Tabel 4.1. Berat sendiri konstruksi	56
Tabel 4.2 Rekapitulasi gaya dan momen gempa.....	58
Tabel 4.3. Rekapitulasi gaya dan momen.....	59
Tabel 5.1. Hasil perhitungan geser tiap titik	62
Tabel 5.2. Hasil perhitungan guling tiap titik	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Titik Lain.....	66
Lampiran 2. Hasil Pengujian Tanah.....	85
Lampiran 3. Foto Pelaksanaan Proyek.....	89
Lampiran 4. Gambar Parafet dan Kelengkapanya.....	93

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang bangunan air telah mengalami perkembangan yang signifikan. Banyak kemudahan yang didapat dalam pencapaian kebutuhan masyarakat akan sarana, prasarana dan kehidupan yang memadai. Memudahkan masyarakat dalam menjalankan aktifitas sehari-hari baik dalam bidang pertanian ataupun perkebunan. Dalam menjalankan kegiatan tersebut pasti ada suatu halangan yang membuat masyarakat sulit untuk memulai aktifitas, terutama masyarakat di bantaran sungai. Banjir adalah sesuatu yang tidak bisa diramalkan masyarakat setempat, sehingga rasa khawatir selalu terbayang dalam menjalankan aktifitas sehari-hari mereka.

Pembangunan *parafet* (tanggul penahan banjir) merupakan langkah lanjut yang dilakukan pemerintah untuk mengatasi banjir yang sering terjadi di daerah bantaran sungai. Selain mencegah banjir dengan larangan membuang sampah di sungai ataupun selokan, *parafet* (tanggul penahan banjir) adalah alternatif terakhir yang dipakai untuk mengatasi banjir bandang.

Parafet merupakan bangunan struktur yang dirancang tahan lama. Sehingga pada perencanaan harus benar-benar dihitung dengan baik, agar tidak terjadi kesalahan dalam pembangunan yang mengakibatkan terjadinya musibah yang lebih parah akibat perhitungan perencanaan yang kurang maksimal dan kesalahan-kesalahan yang terjadi pada waktu pelaksanaan pembangunan. Selain itu juga

kerugian-kerugian yang terjadi akibat pembangunan yang direncanakan kurang maksimal.

Dalam proses kajian ini mengutamakan kekuatan stabilitas terhadap gaya geser dan gaya guling yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan dari struktur parafet tersebut. Gaya-gaya inilah yang nantinya digunakan sebagai patokan untuk menentukan apakah bangunan ini telah memenuhi standar bangunan air atau belum memenuhi. Dengan mempertimbangkan debit banjir yang terjadi sehingga hasil yang didapat lebih akurat.

Praktek Industri yang telah dilakukan sebelumnya ternyata penghitungan kurang begitu maksimal, sehingga pada Tugas Akhir ini dilakukan kajian ulang agar diperoleh hasil perhitungan yang maksimal. Diharapkan kalau sudah dikaji ulang dapat mengetahui kekuatan stabilitas terhadap pergeseran dan penggulingan, sehingga didapatkan hasil yang maksimal dan bangunan yang lebih kokoh mampu menahan tekanan dari air banjir agar masyarakat aman untuk melakukan kegiatannya sehari hari.

B. Identifikasi Masalah

Secara umum fungsi dari tanggul penahan banjir (*parafet*) adalah menahan tekanan air yang terjadi pada waktu air mengalir parafet tersebut dengan skala yang kecil dan skala besar. Skala kecil yang dimaksud adalah hanya air sungai yang mengalir seperti biasa, sedangkan skala besar merupakan air sungai yang mengalami banjir baik banjir sedang ataupun banjir bandang.

Mekanisme dari permasalahan tanggul penahan ini adalah :

1. *Parafet* dikatakan aman terhadap penggeseran apabila angka keamanan

lebih dari 1,5 (*safety factor* yang disyaratkan). Mula-mula air memberi tekanan yang besar dianggap air melampaui batas ketinggian *parafet* kemudian ditahan oleh tanggul penahan yang didukung tekanan tanah pasif dan berat tubuh tanggul sendiri sehingga gaya-gaya yang bekerja mampu ditahan.

2. *Parafet* dikatakan aman terhadap penggeseran apabila angka keamanan lebih dari 1,5 (*safety factor* yang disyaratkan). Apabila terjadi penggulingan maka tubuh tanggul akan mengalami patah yang diakibatkan adanya momen pada tubuh *parafet*.

3. *Parafet* dikatakan aman apabila stabil terhadap daya dukung tanah

4. *Parafet* dikatakan aman apabila stabil terhadap bahaya rembesan (*piping*)

5. *Parafet* dikatakan aman apabila stabil terhadap patahnya tubuh konstruksi.

C. Batasan Masalah

Pada Proyek Akhir ini terdapat batasan masalah yang dikaji yaitu :

1. Analisis perhitungan untuk mengetahui stabilitas penggulingan dan penggeseran dihitung tanpa beban gempa.
2. Analisis perhitungan untuk mengetahui stabilitas penggulingan dan penggeseran dihitung tanpa beban lumpur
3. Analisis perhitungan untuk mengetahui stabilitas penggulingan dan penggeseran dihitung mengabaikan tiang penyangga.
4. Dalam perhitungan stabilitas dinding penahan banjir, daya dukung tanah, bahaya rembesan (*piping*) dan patahnya tubuh konstruksi tidak dibahas dalam Proyek Akhir.

D. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam studi kasus ini adalah perbandingan kekuatan *parafet* sesudah dikaji ulang. Sehingga seberapa besarkah stabilitas penggeseran dan stabilitas penggulingan yang didapat?

E. Tujuan Kajian

Tujuan dari kajian ini dilakukan untuk mengetahui :

1. Mengetahui berapa besar tingkat keamanan yang terjadi apabila semua gaya yang terjadi pada tanggul penahan tersebut bekerja.
2. Mengetahui kekuatan tanggul penahan banjir apakah mampu menahan air waktu terjadi banjir.

F. Manfaat Kajian

Manfaat yang bisa didapat dari kajian ini adalah :

1. Dapat mengetahui stabilitas tanggul penahan banjir (*parafet*), apakah aman atau tidak.
2. Dapat mengetahui stabilitas tanggul penahan banjir tanpa tiang penyangga.
3. Diharapkan akan bermanfaat bagi masyarakat pada umumnya dan di bidang teknik sipil pada khususnya.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Tanah

Tanah di alam terdiri dari campuran-campuran butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran –butiran dengan mudah dipisahkan satu sama lainnya dengan kocokan air. Tanah berasal dari pelapukan batuan yang prosesnya dapat secara fisik atau kimia. Sifat-sifat teknis tanah kecuali dipengaruhi oleh sifat dari induk batuanya juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut. (Hardiyatmo, C.H.2006)

Istilah-istilah seperti kerikil, pasir, lanau dan lempung digunakan dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan kadang-kadang terdapat pula bahan organik. Material campuranya, kemudian dipakai sebagai nama tambahan dibelakang material tersebut. Sebagai contoh, lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau, dengan material utamanya adalah lempung dan lanau adalah campuranya.

1. Identifikasi Tanah

Tanah berbutir kasar dapat diidentifikasi berdasarkan ukuran butiran. Menurut **Massachusetts of Institute Technology (MIT)** butiran-butiran yang berdiameter lebih besar dari 2mm diklasifikasikan sebagai kerikil. Jika butiran dapat dilihat oleh mata, tetapi ukuranya kurang dari 2mm, disebut pasir. Tanah pasir kasar jika diameter berkisar antara 2-0,6 mm, pasir sedang jika diameter

antara 0,6-0,2 mm, dan pasir halus bila diameter antara 0,2-0,06 mm (Hardiyatmo, C.H. 2006).

Cara membedakan antara lanau dan lempung dengan mengambil tanah basah yang dicetak dan dikeringkan, kemudian dipecah kedalam fragmen-fragmen kira-kira berukuran 1/8 inci (3,1 mm) dan ditekan antara jari telunjuk dan ibu jari. Fragmen lempung hanya dapat pecah jika ditekan dengan usaha yang relative besar, sedangkan fragmen lanau dapat pecah dengan mudah bila ditekan (Peck,dkk, 1953),

2. Sifat-sifat Teknis Tanah

Penjelasan umum dari sifat-sifat teknis berbagai jenis tanah.

a. Tanah Granuler

Tanah-tanah Granuler, seperti pasir, kerikil, batuan dan campuranya, mempunyai sifat-sifat teknis yang sangat baik. Sifat-sifat tanah tersebut, antara lain :

- 1) Merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan badan jalan, karena mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunan kecil, asalkan tanahnya relative padat. Penurunan terjadi segera setelah penerapan beban. Jika dipengaruhi getaran pada frekuensi tinggi, penurunan yang besar dapat terjadi pada tanah yang tidak padat.
- 2) Merupakan material yang baik untuk tanah urug pada dinding penahan tanah, struktur bawah tanah dan lain-lain, karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil. Mudah dipadatkan dan merupakan material untuk drainasi yang baik karena lolos air.

- 3) Tanah yang baik untuk urugan karena mempunyai kuat geser yang tinggi.
- 4) Bila tanah tidak dicampur dengan material kohesif, tidak dapat digunakan sebagai bahan tanggul, bendungan, kolam, dan lain-lain. Karena permeabilitasnya besar.

Kelebihan lain pada tanah granuler :

- 1) Kerapatan relatif

Kuat geser dan kompreabilitas tanah granuler tergantung dari kepadatan butiran yang biasanya dinyatakan dalam kerapatan relative (D_r). Jika tanah granuler dipakai sebagai bahan timbunan, kepadatannya dinyatakan dalam persen kepadatan atau kepadatan relative (R_e). Tanah yang mewakili kondisi lapangan, diuji di laboratorium untuk ditentukan berat volume maksimumnya dengan alat uji pemadatan tertentu. Dalam praktek, kerapatan relatif dapat ditentukan dari uji penetrasi, contohnya alat uji penetrasi standar (SPT).

- 2) Bentuk dan ukuran butiran

Hal lain yang penting mengenai tanah granuler adalah bentuk dan ukuran butirannya. Semakin besar dan kasar permukaan butiran, semakin besar kuat gesernya. Oleh pengaruh gaya geser, butiran yang kecil mudah sekali menggelinding, sedang pada butiran yang besar akan memaksa satu sama lain. Demikian pula pada gradasinya, jika gradasi semakin baik, semakin besar kuat gesernya.

- 3) Kapasitas dukung

Kerikil adalah material granuler yang dalam endapan alluvial biasanya bercampur dengan pasir. Kerikil dan pasir dalam kepadatan sedang atau besar

mempunyai kapasitas dukung yang tinggi. Tanah pasir yang juga merupakan material granuler, mempunyai kapasitas dukung dan kompresibilitas yang sama seperti kerikil. Namun, jika tidak padat nilai kapasitas dukung akan menjadi rendah oleh persyaratan besarnya penurunan.

b. Tanah Kohesif

Tanah kohesif seperti lempung, lempung berlanau, lempung berpasir atau berkerikil yang sebagian besar butiran tanahnya terdiri dari butiran halus. Kuat geser tanah jenis ini ditentukan terutama dari kohesinya. Tanah-tanah kohesif, umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

Kuat geser rendah :

- 1) Bila basah bersifat plastis dan mudah mampat (mudah turun)
- 2) Menyusut bila kering dan mengembang bila basah
- 3) Berkurang kuat gesernya bila kadar airnya bertambah
- 4) Berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu
- 5) Berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkakan (creep) pada beban yang konstan
- 6) Merupakan material kedap air
- 7) Material yang jelek untuk tanah urug, karena menghasilkan tekanan lateral yang tinggi.

c. Tanah-tanah Lanau dan loess

Lanau adalah material yang butiran-butirannya lolos saringan no.200. Peck, dkk, membagi tanah ini menjadi 2 kategori, yaitu lanau yang dikarakteristikan sebagai tepung batu yang tidak berkohesi dan tidak plastis dan lanau yang bersifat

plastis. Sifat-sifat teknis lanau tepuung batu lebih cenderung mendekati sifat pasir halus.

Loess adalah material lanau yang diendapkan oleh angin dengan diameter butiran kira-kira 0,06 mm. Partikel-partikelnya biasanya mempunyai rekatan karena adanya *kalsium karbonat*. Akibat dari pengaruh proses pembentukannya, sifat loess sangat berbeda dengan lanau. Karakteristik *loess* umumnya merupakan endapan yang tidak padat dengan berat volume kira-kira 10 kN/m^3 . Bila mengandung material pengikat (lempung atau kapur) pada kondisi kering tanah ini mempunyai kapasitas dukung sedang sampai tinggi. Akibat penjenahan, *loess* kehilangan sifat rekatanya dan dapat mengalami penurunan yang tinggi. *Loess* bisa digali pada tebing yang mendekati vertical.

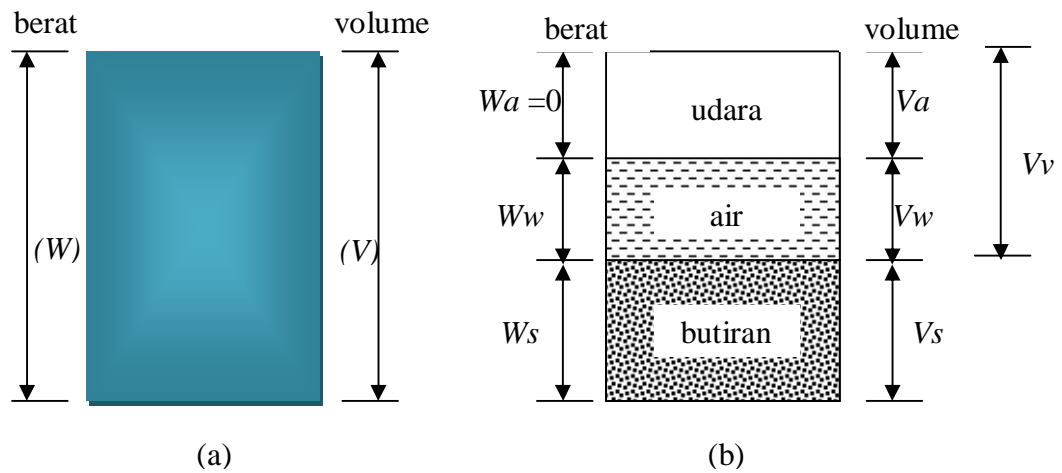
d. Tanah Organik

Sembarang tanah yang mengandung bahan organik, yang mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah disebut *tanah organik*. Bahan-bahan organik terdiri tumbuh-tumbuhan atau binatang. Jumlah bahan organik dinyatakan dalam istilah *kadar organik*, yaitu nilai banding antara berat bahan organik terhadap contoh tanah yang kering oven. Berat bahan organik dapat ditentukan dengan memanaskan contoh tanah untuk membakar bahan organiknya (McFarland, 1959).

3. Kadar Air, Angka Pori, Porositas, dan Berat Volume Tanah

Tanah terdiri dari tiga komponen yaitu: udara, air, dan bahan padat. Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis, sedang air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang diantara butiran-butiran dapat terisi oleh air atau

udara. Bila rongga tersebut terisi air maka tanah dapat dikatakan dalam kondisi jenuh. Bila rongga terisi oleh udara dan air maka tanah dalam kondisi jenuh sebagian. Sedangkan tanah yang tidak mengandung air sama sekali atau kadar airnya nol disebut tanah kering. Hubungan antara kadar air, angka pori, porositas, berat volume dan lainnya tersebut sangat diperlukan dalam praktik (Hardiyatmo,C.H 2006)



Gambar 2.1. Diagram fase tanah
(Sumber : Hardiyatmo,C.H. 2006)

Angka pori (e), didefinisikan sebagai perbandingan volume rongga pori ($V_v = V_a + V_w$) terhadap volume butir tanah (V_s) pada suatu volume bahan dan biasanya dinyatakan sebagai pecahan.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots \dots \dots (2-1)$$

Porositas (n), didefinisikan sebagai perbandingan volume rongga pori (V_v) terhadap volume total ($V = V_v + V_s$) dan bisa dinyatakan sebagai presentase atau pecahan.

$$n = \frac{V_v}{V} \dots \dots \dots (2-2)$$

Hubungan antara e dan n , adalah :

$$n = \frac{e}{1 + e} \dots\dots\dots(2-3)$$

Atau,

$$e = \frac{n}{1 - n} \dots\dots\dots(2-4)$$

Kadar air (w), didefinisikan sebagai perbandingan berat air (W_w) terhadap berat butir tanah (W_s) dan dinyatakan dalam presentase tetapi biasanya digunakan dalam bentuk pecahan.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2-5)$$

Berat volume kering (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots(2-6)$$

Berat volume basah (γ_b)

$$\gamma_b = \frac{W_s + W_w + W_a}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} \dots\dots\dots(2-7)$$

Berat udara (W_a) dianggap sama dengan nol.

Berat volume butiran padat/tanah (γ_s)

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots(2-8)$$

Berat jenis atau berat spesifik (*specific gravity*) (G_s) :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots(2-9)$$

Dimana γ_w merupakan berat volume air

Dari persamaan-persamaan diatas dapat dibentuk hubungan sebagai berikut :

$$\gamma_b = \frac{G_s \gamma_w (1+w)}{1+e} \dots\dots\dots(2-10)$$

Berat volume basah (γ_b) dapat dinyatakan dalam hubunganya dengan berat volume kering (γ_k) dan kadar air (w)

$$\gamma_b = \gamma_d (1 + w) \dots\dots\dots(2-11)$$

Hubungan antara γ_b , n , G_s , dan w

$$\gamma_b = G_s \gamma_w (1-n) (1 + w) \dots\dots\dots(2-12)$$

Berat volume tanah jenuh ($S = 1$)

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w (G_s + e)}{1+e} \dots\dots\dots(2-13)$$

Berat volume tanah kering

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w G_s}{1+e} \dots\dots\dots(2-14)$$

Bila tanah terendam air , berat volume apung (buoyant unit weight) atau berat volume efektif (γ'), dinyatakan dengan

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \dots\dots\dots(2-15)$$

Berat volume air $\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3 = 9,81 \text{ kN/m}^3$

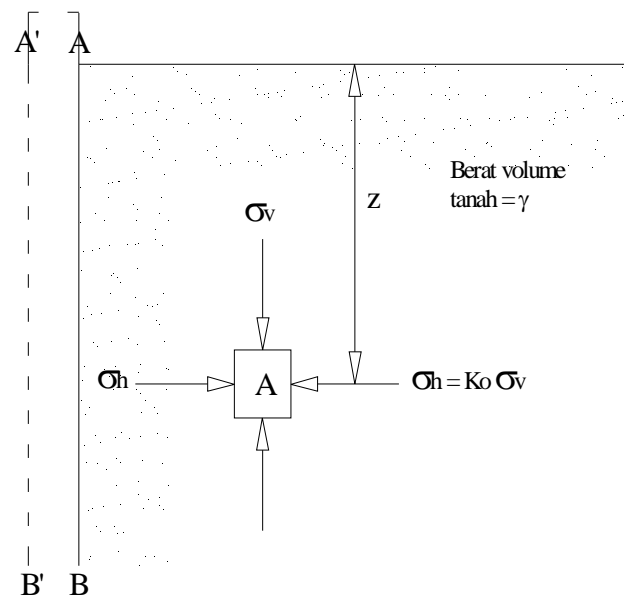
B. Tekanan Tanah

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Besar tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanah

asli. Tegangan tanah lateral meliputi tekanan tanah saat diam, tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif.

1. Tekanan tanah saat diam

Pada gambar di bawah tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman z akan mendapat tekanan arah vertikal σ_v dan tekanan arah horisontal σ_h , dimana σ_v dan σ_h merupakan tekanan efektif dan tekanan total tanah. Apabila dinding AB dalam keadaan diam, maka tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Rasio tekanan arah horisontal dan vertikal disebut koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*) K_o , dengan persamaan sebagai berikut:



Gambar 2.2. Tegangan tanah pada kondisi diam (*at rest*).
(Sumber : Das, 1993)

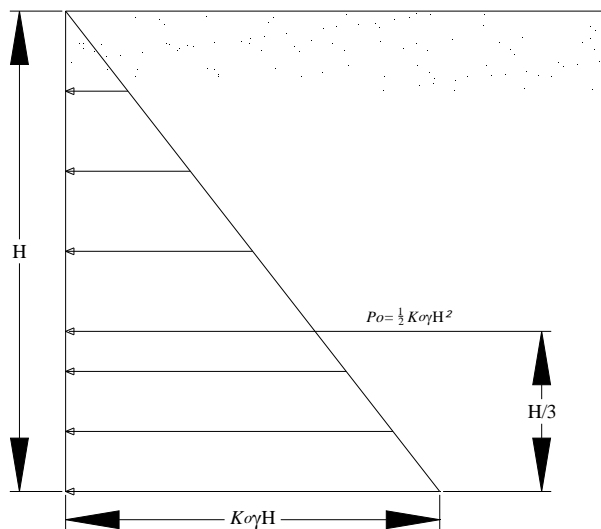
Menurut Das, 1993

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots(2-16)$$

Karena $\sigma_v = \gamma z$, maka tekanan lateral horizontal saat diam adalah:

$$\sigma_h = K_o (\gamma z) \dots\dots\dots(2-17)$$

Nilai gaya total per satuan lebar dinding P_o sama dengan luas dari diagram tekanan tanah. Diagram tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi H dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.3. Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (*at rest*) pada dinding.
(Sumber : Das, 1993)

Dengan persamaan:

Menurut Das, 1993

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H^2 \dots\dots\dots(2-18)$$

Pada posisi ini tekanan tanah pada dinding akan berupa **tekanan tanah saat diam** (*earth pressure at rest*) dan tekanan tanah lateral (horizontal) pada dinding , pada kedalaman tertentu (*z*), dinyatakan oleh persamaan : (Hardiyatmo, C.H. 2006).

$$\sigma_h = K_o \sigma_v = K_o z \gamma \dots\dots\dots(2-19)$$

dengan :

K_o = koefisien tekanan tanah saat diam

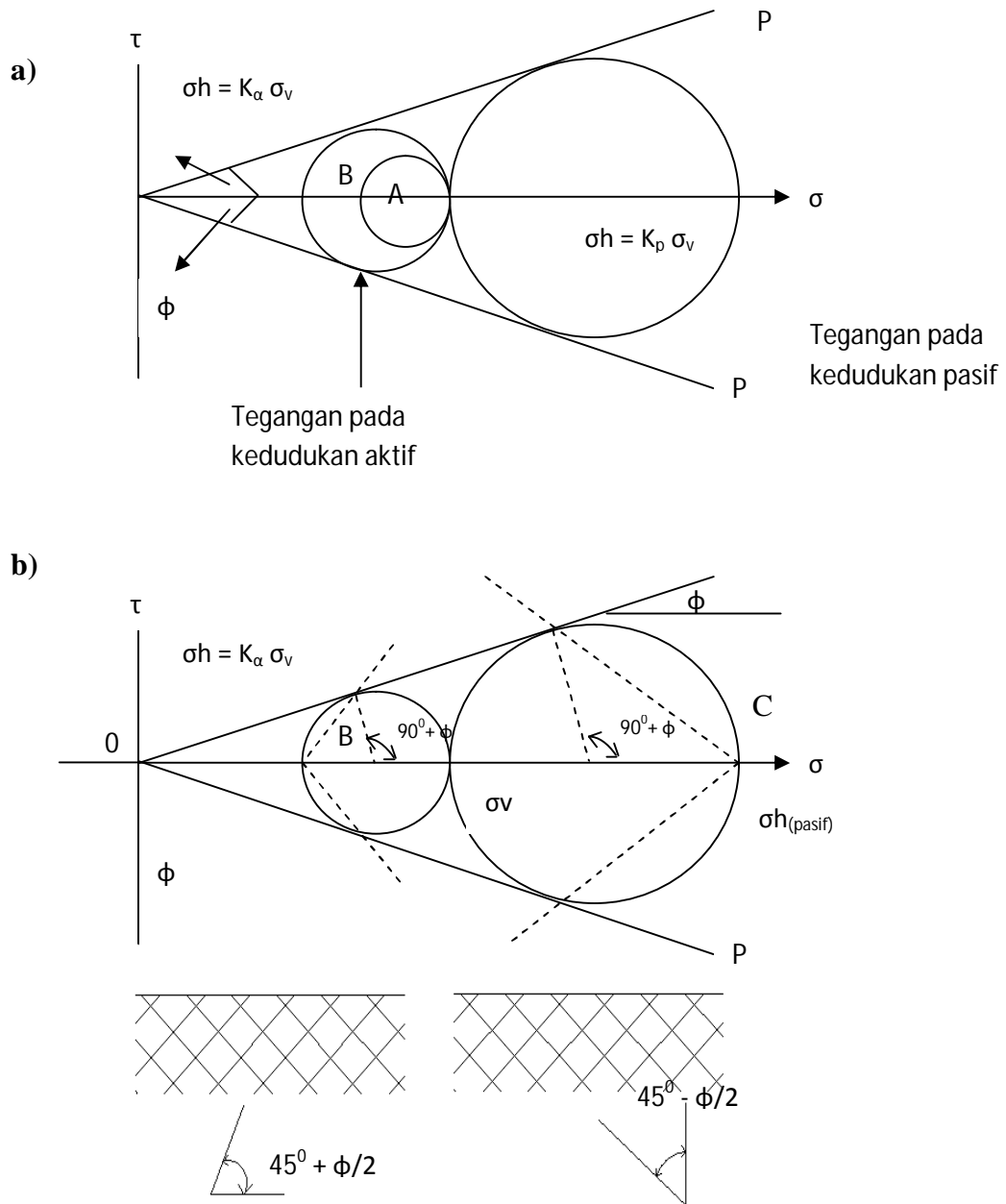
γ = berat volume tanah (kN / m^3)

2. Tekanan tanah saat aktif

Pada suatu saat, gerakan dinding selanjutnya mengakibatkan terjadi keruntuhan geser tanah dan tekanan tanah pada dinding menjadi konstan pada tekanan minimum. Tekanan tanah lateral minimum, yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah oleh akibat gerakan dinding menjauhi tanah dibelakangnya disebut **tekanan tanah aktif** (*active earth pressure*).

Kedudukan tegangan saat tanah pada kedudukan keseimbangan limit aktif terjadi diwakili oleh lingkaran B yang menyinggung garis kegagalan OP. jika tegangan vertikal (σ_v) di titik tertentu didalam tanah dinyatakan oleh persamaan $\sigma_v = \gamma z$, maka tekanan tanah lateral pada saat tanah runtuh :

$$\sigma_h = K_a \sigma_v = K_a \gamma z \dots\dots\dots(2-20)$$



Gambar 2.4 Tekanan tanah lateral dan lingkaran Mohr yang mewakili kedudukan tegangan di dalam tanah

- (a) Tegangan-tegangan pada kedudukan Rankine
 (b) Orientasi garis-garis keruntuhan teori Rankine

sumber : Hardiyatmo, C.H. 2006

Dari memperhatikan lingkaran Mohr pada **gambar 2.4** dapat ditentukan bahwa

$$K_a = \frac{\sigma_h(aktif)}{\sigma_v} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = tg^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \dots \dots \dots (2-21)$$

Sebaliknya jika tegangan lateral yang terjadi pada kondisi tekan yaitu bila tanah tertekan sebagai akibat dinding penahan mendorong tanah, maka gaya yang dibutuhkan untuk menyebabkan kontraksi tanah secara lateral sangat lebih besar daripada besarnya tekanan tanah menekan kedinding. Besarnya gaya ini bertambah dengan bertambahnya regangan dalam tanah seiring dengan bergerakinya dinding, hingga sampai suatu regangan tertentu, tanah mengalami keruntuhan geser akibat desakan dinding penahan, saat mana gaya lateral tanah mencapai nilai yang konstan yaitu pada nilai maksimumnya (Hardiyatmo, C.H. 2006).

Pada kedudukan pasif, **tekanan tanah aktif** (p_a) pada kedalaman z dari puncak dinding penahan dinyatakan oleh :

$$p_a = K_p \gamma z \dots \dots \dots (2-22)$$

$$z = H$$

maka,

$$p_p = K_p \gamma H \dots \dots \dots (2-23)$$

Tekanan tanah pasif berada di bawah fondasi, sehingga bisa digunakan sebagai alas pondasi atau tekanan pada dasar pondasi.

Tekanan tanah aktif total (P_a) untuk dinding penahan tanah setinggi H dinyatakan dengan persamaan :

$$P_a = 0,5 H^2 \gamma K_a \dots \dots \dots (2-24)$$

Dengan arah garis kerja tekanan yang sejajar permukaan tanah urug dan bekerja pada ketinggian $H/3$ dari dasar dinding penahan(Hardiyatmo, C.H 2006).

3. Tekanan tanah saat pasif

Jika tegangan lateral yang terjadi pada kondisi tekan yaitu bila tanah tertekan sebagai akibat dinding penahan tanah, maka gaya yang dibutuhkan untuk menyebabkan kontraksi tanah secara lateral sangat lebih besar daripada besarnya tekanan tanah menekan ke dinding. Besarnya gaya ini bertambah dengan bertambahnya regangan dalam tanah seiring dengan bergerakinya dinding, hingga sampai suatu regangan tertentu. Maka tanah akan mengalami keruntuhan geser akibat desakan dinding penahan, saat dimana gaya lateral tanah mencapai nilai yang konstan yaitu pada nilai maksimumnya. Tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug disebut **tekanan tanah pasif** (*passive earth pressure*)

Kedudukan tegangan – tegangan saat tanah pada kedudukan limit pasif tercapai diwakili oleh lingkaran C yang menyinggung garis kegagalan OP. jika tegangan vertical (σ_v) titik tertentu didalam tanah dinyatakan oleh $\sigma_v = \gamma z$, maka tekanan tanah lateral pada saat tanah pada kondisi runtuh :

$$\sigma_h = K_p \sigma_v = K_p \gamma z \dots \dots \dots (2-25)$$

Dari memperhatikan lingkaran Mohr pada **gambar 2.4** dapat ditentukan bahwa :

$$K_p = \frac{\sigma_h(pasif)}{\sigma_v} = \frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi} = tg^2 (45 + \frac{\varphi}{2}) \dots \dots \dots (2-26)$$

Bahwa pada kondisi pasif, tegangan utama minor $\sigma_3 = \sigma_{v(pasif)}$ dan tegangan utama mayor $\sigma_1 = \sigma_{h(pasif)}$.

Tekanan tanah pasif untuk permukaan tanah miring ditentukan dengan cara yang sama. Pada kedudukan pasif, **tekanan tanah pasif** (P_p) pada kedalaman z dari puncak dinding penahan dinyatakan oleh :

$$p_p = K_p \gamma z \dots\dots\dots(2-27)$$

$$z = H$$

maka,

$$p_p = K_p \gamma H \dots\dots\dots(2-28)$$

Tekanan tanah pasif ini berada di bawah fondasi, sehingga bisa digunakan sebagai alas pondasi atau tekanan pada dasar pondasi.

Tekanan tanah pasif total (P_p) untuk dinding penahan setinggi H dinyatakan oleh persamaan :

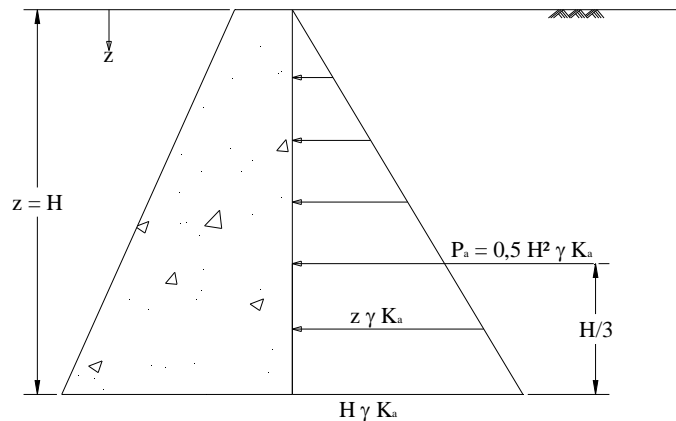
$$P_p = 0,5 H^2 \gamma K_p \dots\dots\dots(2-29)$$

Dari persamaan-persamaan diatas untuk kondisi permukaan tanah horizontal dapat diperoleh hubungan :

$$K_p = \frac{1}{K_a} \dots\dots\dots(2-30)$$

Jadi untuk tekanan vertical tertentu, tekanan tanah lateral hanya akan terdapat diantara dua nilai tersebut disebut tegangan pada **kedudukan Rankine** (*Rankine State*)(Hardiyatmo, C.H. 2006).

4. Tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif pada tanah tak berkohesi ($c=0$) menurut Teori Rankine (1857)
- a. Permukaan tanah urug horisontal



Gambar 2.5. Diagram tekanan tanah aktif Rankine untuk permukaan tanah urug horisontal.
(Sumber : Hardiyatmo, 2006)

Gambar diatas menggambarkan tekanan tanah aktif (P_a) pada kedalaman sembarang z dari permukaan tanah urug atau puncak dinding penahan tanah. Besarnya tekanan tanah aktif (P_a) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

Menurut Hardiyatmo, (2006) rumus yang digunakan :

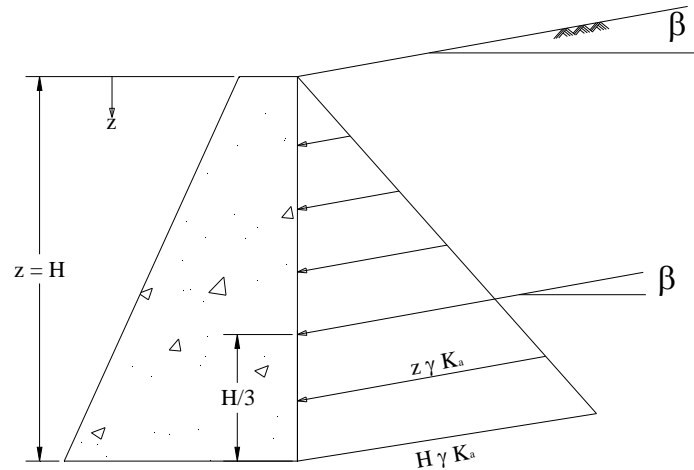
$$p_a = K_a z \gamma \dots\dots\dots(2-31)$$

$$K_a = \frac{1-\sin \phi}{1+\sin \phi} = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots(2-32)$$

Tekanan tanah aktif total (P_a) untuk dinding penahan tanah setinggi H dinyatakan dengan persamaan:

$$P_a = 0,5 H^2 \gamma K_a \dots\dots\dots(2-33)$$

b. Permukaan tanah urug miring



Gambar 2.6. Diagram tekanan tanah aktif Rankine untuk permukaan tanah urug miring.
(Sumber : Hardiyatmo, 2006)

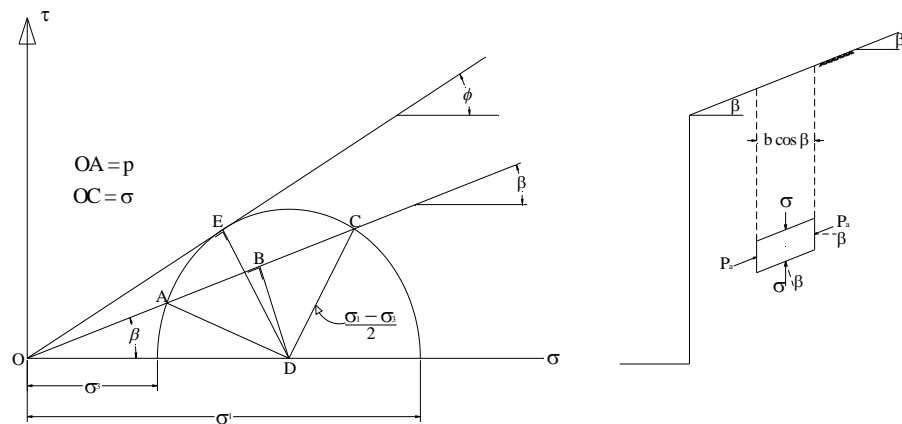
Untuk tanah urug tidak berkohesi ($c = 0$) dengan permukaan miring di belakang dinding penahan tanah yang berpermukaan licin, tegangan lateral bekerja pada bidang vertikal dari elemen tanah (bidang yang paralel dengan bagian permukaan dinding belakang) akan sejajar dengan permukaan tanah urug. Pada bidang dibelakang dinding penahan tanah tidak hanya bekerja tegangan normal tetapi juga tegangan geser.

Tekanan tanah pada dinding penahan dengan permukaan tanah urug miring dapat ditentukan dengan bantuan lingkaran Mohr atau dengan mempertimbangkan keseimbangan tanah yang akan longsor.

miring dinyatakan oleh jarak OA

Lingkaran Mohr diatas menggambarkan saat tanah pada kedudukan aktif. Tanah berada dibelakang dinding penahan dengan bagian dinding belakang

vertikal, licin dan permukaan tanah urug miring sebesar β . Tegangan vertikal (σ) ditunjukkan oleh jarak OC, sedang tegangan lateral (p) yang bekerja pada bidang



Gambar 2.7. Lingkaran Mohr untuk permukaan tanah urug miring.
(Sumber : Hardiyatmo, 2006)

. Tegangan vertikal (σ) dan tegangan lateral (p) merupakan tegangan-tegangan *conjugate* dengan arah σ vertikal dan p sejajar dengan permukaan tanah miring. Tegangan-tegangan σ dan p merupakan resultan tegangan pada masing-masing bidang pada tanah yang ditinjau (σ dan p bukan merupakan tegangan utama). Bila σ_1 merupakan tegangan utama mayor dan σ_3 merupakan tegangan utama minor pada tanah, untuk tanah tak berkohesi dapat diperoleh persamaan:

Menurut Hardiyatmo, (2006) rumus yang digunakan :

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} = \sin \phi \dots\dots\dots(2-34)$$

Karena sudut yang dibentuk antara σ dan p adalah β (**Gambar 2.11** sebelah kanan) garis dari titik O bersudut β terhadap garis absis akan memotong lingkaran Mohr pada titik A dan C. Garis OA menyatakan resultan tegangan p dan garis OC menyatakan resultan tegangan σ . **Gambar 2.11** memperlihatkan $OA = p$ dan OC

= σ , sedangkan σ_1 dan σ_3 merupakan titik-titik potong lingkaran Mohr dengan sumbu-x. Bila digambarkan DB tegak lurus AC, maka:

Menurut Hardiyatmo, (2006) rumus yang digunakan :

$$OB = OD \cos \beta = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos \beta \dots \dots \dots (2-35)$$

$$BD = OD \sin \beta = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin \beta \dots \dots \dots (2-36)$$

$$\begin{aligned} AB = BC &= \sqrt{(AD)^2 - (BD)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right)^2 \sin^2 \beta} \dots \dots \dots (2-37) \end{aligned}$$

Karena $(\sigma_1 - \sigma_3) = (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \phi$, dari persamaan (2-38),
maka:

$$AB = BC = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \beta} \dots \dots \dots (2-39)$$

Tegangan $\sigma = OB + BC$

$$= \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \cos \beta + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \beta} \dots \dots \dots (2-40)$$

Tegangan $p = OB - AB$

$$= \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \cos \beta - \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \beta} \dots \dots \dots (2-41)$$

Dengan membagi persamaan (2-40) dengan (2-41), maka:

$$\frac{p}{\sigma} = K = \frac{\cos \beta - \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \beta}}{\cos \beta + \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \beta}} \dots \dots \dots (2-42)$$

atau

$$\frac{p}{\sigma} = K = \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \dots \dots \dots (2-43)$$

Rasio K adalah rasio tekanan tanah lateral Rankine
(*conjugate ratio*)

$$\sigma = \frac{\gamma z \cdot b \cos \beta}{b} = \gamma z \cos \beta$$

$$p = P_a = \text{tekanan tanah lateral}$$

sehingga:

$$P_a = \gamma z \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \dots\dots\dots(2-44)$$

atau

$$P_a = K_a \gamma z \dots\dots\dots(2-45)$$

dengan

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \dots\dots\dots(2-46)$$

Untuk dinding dengan penahan setinggi H tekanan aktif totalnya adalah:

$$P_a = 0,5 H^2 \gamma K_a \dots\dots\dots(2-47)$$

Dengan arah garis kerja tekanan yang sejajar permukaan tanah urug dan bekerja pada ketinggian H/3 dari dasar dinding penahan.

Untuk menentukan tekanan tanah pasif sama dengan tekanan tanah aktif.

Untuk kedalaman z besarnya tekanan tanah pasif adalah:

Menurut Hardiyatmo, (2006) rumus yang digunakan :

$$P_p = K_p \gamma z \dots\dots\dots(2-48)$$

Dan untuk dinding setinggi H besar tekanan pasif total dapat ditentukan dengan:

$$P_p = 0,5 H^2 \gamma K_p \dots\dots\dots(2-49)$$

Dengan

$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \dots\dots\dots(2-50)$$

5. Tekanan Tanah Lateral pada Tanah Kohesif

Bila tanah urug mempunyai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ), maka pada kedudukan Rankine , tekanan tanah aktif (P_a) dinyatakan oleh persamaan :

$$P_a = \gamma z \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \phi/2) - 2c \operatorname{tg} (45^\circ - \phi/2) \dots\dots\dots(2-51)$$

Karena $K_a = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \phi/2)$, maka

$$P_a = \gamma z K_a - 2c \sqrt{K_a} \dots\dots\dots(2-52)$$

Dalam persamaan tersebut , terlihat bahwa terdapat kemungkinan P_a negative, yang berarti ada gaya tarik yang bekerja pada tanah. Pada bagian tanah yang menderita gaya tarik tersebut, tanah menjadi retak-retak. Retakan bila terisi air hujan, selain mengurangi kohesi juga mengakibatkan tambahan tekanan lateral akibat tekanan hidrostatik (hardiyatmo, C.H. 2006).

Kedalaman kritis h_c yang menyatakan kedalaman tanah yang retak terjadi saat $P_a = 0$. Dari persamaan (2-52), dapat diperoleh :

$$h_c = \frac{2c}{\gamma \sqrt{K_a}} \dots\dots\dots(2-53)$$

Bila tanah dalam kedudukan pasif

$$P_p = \gamma z K_p + 2c \sqrt{K_p} \dots\dots\dots(2-54)$$

Dipermukaan tanah

$$P_p = 2c \operatorname{tg} \sqrt{K_p} \dots\dots\dots(2-55)$$

Besarnya gaya-gaya tekanan tanah aktif dan pasif pada dinding penahan tanah dengan tanah urug yang kohesif dinyatakan oleh persamaan berikut :

1. Tekanan tanah aktif total

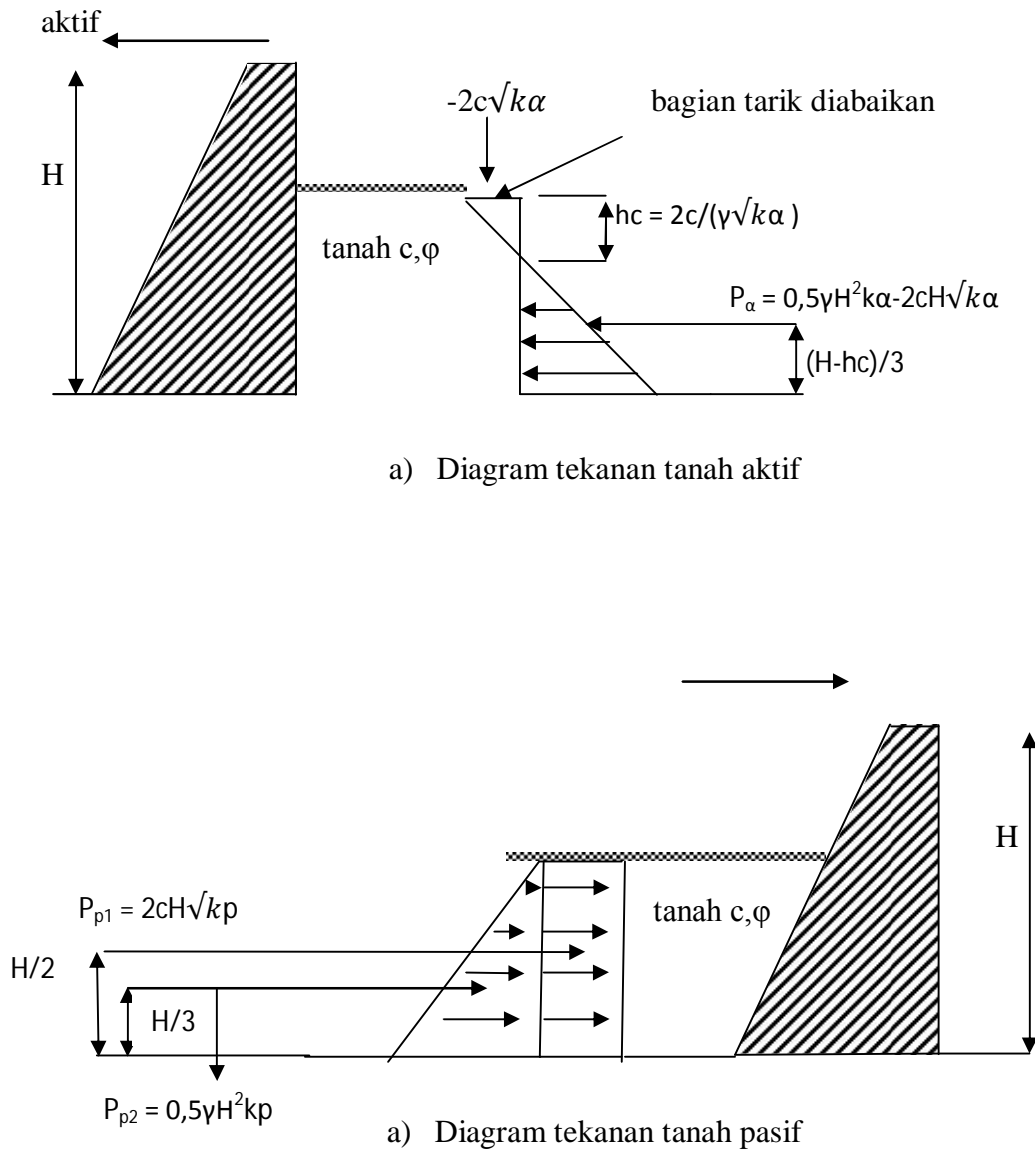
$$P_a = 0,5 \gamma H^2 K_a - 2c H \sqrt{K_a} \dots\dots\dots(2-56)$$

2. Tekanan tanah pasif total

$$P_p = 0,5 \gamma H^2 K_p + 2c H \sqrt{K_p} \dots \dots \dots (2-57)$$

Diagram tekanan tanah aktif dan pasif untuk tanah kohesif ditunjukkan pada

gambar 2.8



Gambar 2.8. diagram tekanan aktif dan pasif pada tanah kohesif ($c > 0$ dan $\phi > 0$)

C. Beban Bekerja pada Dinding Penahan Banjir

Beban merupakan salah satu gaya yang akan dipikul oleh semua struktur bangunan. Adapun jenis-jenis beban yang bekerja pada bangunan struktur antara lain :

1. Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri komponen termasuk bagian-bagian atau kelengkapan yang melekat permanen. Semua beban yang melekat pada bangunan tersebut digolongkan sebagai beban mati. Penghitungan beban mati dapat dihitung dengan menggunakan pembebanan sendiri berdasarkan nilai-nilai satuan beratnya.

2. Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban yang tidak menetap baik dari segi posisi, intensitas maupun rentang waktunya, seperti tekanan air, material timbunan, beban angin, beban lumpur, tekanan tanah aktif dan pasif.

Penetapan besaran nilai pada beban hidup pada umumnya disertai dengan beban maksimum yang terdapat dalam struktur bangunan tersebut. Beban yang lebih besar bisa saja muncul namun dengan durasi yang kecil sehingga terlalu rendah untuk digunakan dalam perancangan.

3. Tekanan air

- a. Gaya tekan air dapat dibagi menjadi gaya hidrostatik dan gaya hidrodinamik. Tekanan hidrostatik adalah fungsi kedalaman di bawah permukaan air. Tekanan air akan selalu bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Oleh sebab itu agar perhitungannya lebih mudah, gaya

horizontal dan vertikal dikerjakan secara terpisah. Tekanan air dinamik jarang diperhitungkan untuk stabilitas bangunan bendung dengan tinggi energi rendah. .

- b. Gaya tekan ke atas bangunan mendapat tekanan air bukan hanya pada permukaan luarnya, tetapi juga pada dasarnya dan dalam tubuh bangunan itu. Gaya tekan ke atas, yakni istilah umum untuk tekanan air dalam, menyebabkan berkurangnya berat efektif bangunan di atasnya.
4. Berat bangunan bergantung kepada bahan yang dipakai untuk membuat bangunan itu.

Untuk tujuan-tujuan perencanaan pendahuluan, boleh dipakai harga-harga berat volume di bawah ini.

pasangan batu $22 \text{ kN/m}^3 (\approx 2.200 \text{ kgf/m}^3)$

beton tumbuk $23 \text{ kN/m}^3 (\approx 2.300 \text{ kgf/m}^3)$

beton bertulang $24 \text{ kN/m}^3 (\approx 2.400 \text{ kgf/m}^3)$

Berat volume beton tumbuk bergantung kepada berat volume agregat serta ukuran maksimum kerikil yang digunakan.

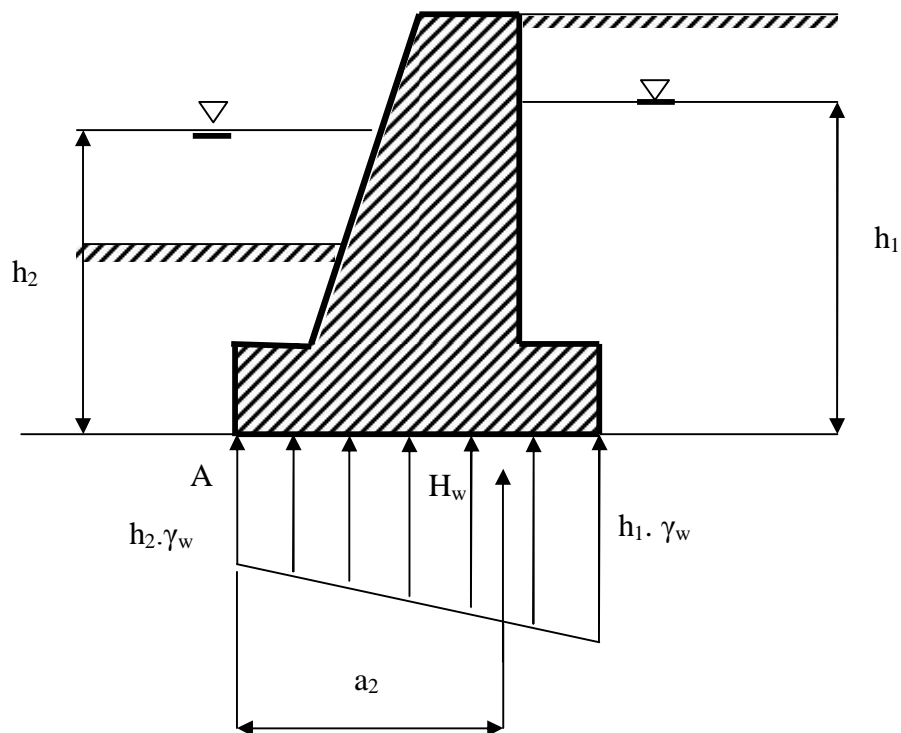
Untuk ukuran maksimum agregat 150 mm dengan berat volume 2,65, berat volumenya lebih dari $24 \text{ kN/m}^3 (\approx 2.400 \text{ kgf/m}^3)$ (kp-02 perencanaan bendung, 1986)

D. Tekanan Angkat (uplift)

Pada konstruksi-konstruksi di daerah yang tergenang air (pilar jembatan) dan lain-lain atau muka air tanah yang tinggi, maka akan terjadi adanya tekanan hidrostatik yang mengurangi besarnya angka keamanan (SF).

$$H_w = 0,5 B \cdot (h_1 + h_2) \cdot \gamma_w \dots\dots\dots(2-41)$$

$$M_w = H_w \cdot a_2 \dots\dots\dots(2-42)$$



Gambar 2.9. pengaruh tekanan uplift pada dinding

(Sumber : Suryolelono,1994)

E. Gaya Gempa

Faktor-faktor beban akibat gempa yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan-bangunan pengairan diberikan dalam bentuk peta yang diterbitkan oleh DPMA dalam tahun 1981 dengan judul “ Peta Zona Seismik untuk Perencanaan Bangunan Air Tahan Gempa”. Gaya gempa ditentukan oleh berat konstruksi *parafet* dan juga ditentukan oleh koefisien gempa.

Koefisien gempa dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$a_d = n(a_c \cdot z)^m$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

Dimana :

a_d = percepatan gempa rencana (cm/det²)

n, m = koefisien untuk jenis tanah (lihat tabel 2.1)

a_c = percepatan kejut dasar (cm/det²)(untuk harga per periode ulang lihat tabel 2.2)

E = koefisien gempa

g = percepatan grafitasi (9,81 m/det²)

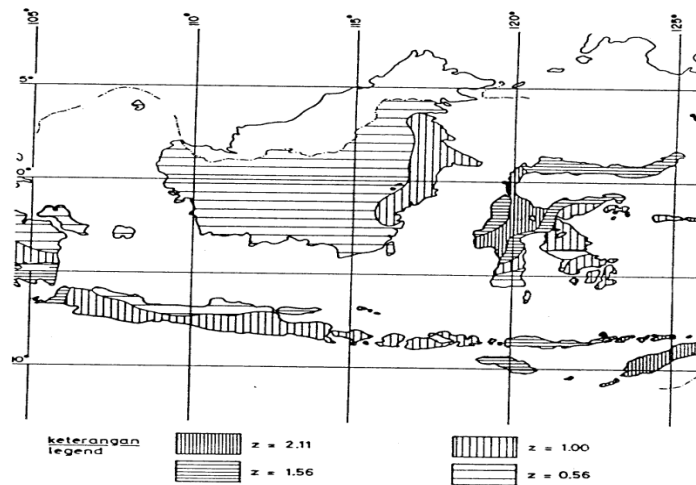
Z = factor yang bergantung kepada letak geografis (Koefisien Zona lihat gambar 2.10)

Tabel 2.1 Koefisien Jenis Tanah (KP-06 Parameter Bangunan, 1986)

jenis	n	m
Batu	2,76	0,71
Diluvium	0,87	1,05
Aluvium	1,56	0,89
Aluvium lunak	0,29	1,32

Tabel 2.2 Periode Ulang dan Percepatan Dasar Gempa a_c
(KP-06 Parameter Bangunan, 1986)

Periode ulang *) tahun	a_c *) (gal = cm/det ²)
20	85
100	160
500	225
1000	275



Gambar 2.10 Koefisien Zona Gempa di Indonesia
(KP-06 Parameter Bangunan, 1986)

Faktor gempa E yang dicari dari rumus dan peta di atas dipakai dalam perhitungan stabilitas di mana factor itu harus dikalikan dengan berat sendiri bangunan dan dipakai sebagai gaya horizontal.

F. Gaya-gaya pada Dinding Penahan Banjir

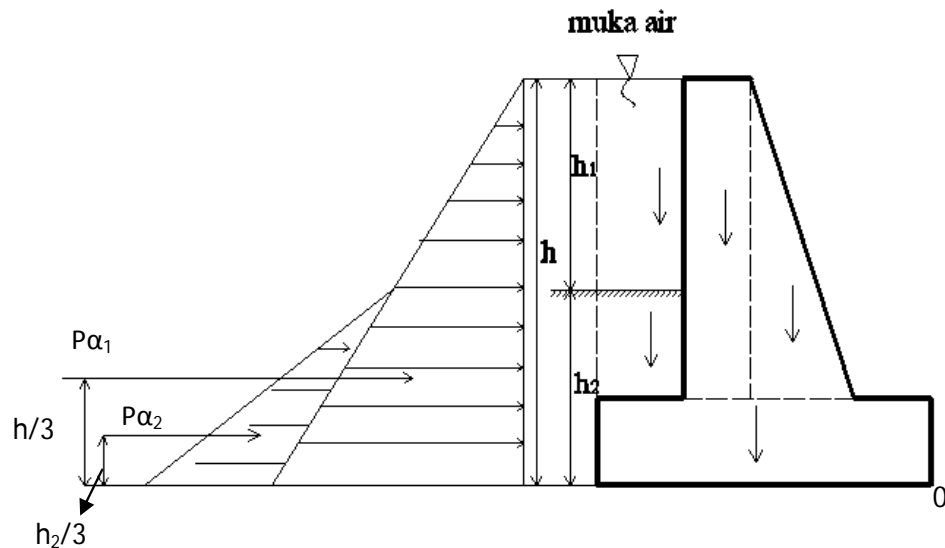
Pada konstruksi dinding penahan air, umumnya gaya-gaya yang bekerja harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan maksimum yang timbul ini tidak boleh melebihi tegangan yang diijinkan. Besar dan arah dari tekanan tanah cenderung akan menggulingkan atau menggeserkan konstruksi dinding penahan air tersebut. Distribusi tekanan tanah pada dinding penahan banjir, dimana konstruksi akan mendapat beban yang akan mempengaruhi stabilitas dinding penahan banjir.

Gaya-gaya yang mempengaruhi stabilitas dinding penahan banjir :

1. Tekanan tanah aktif

Pengaruh air tanah

Air tanah akan mengakibatkan tanah dibelakang dinding penahan banjir berubah karakteristiknya.



Gambar 2.11. Tekanan tanah aktif pada dinding penahan tanah

Tekanan tanah aktif menjadi :

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$P_{\alpha \text{ tanah}} = 0,5 \cdot H_{\text{tanah}}^2 \cdot \gamma_k \cdot K_a$$

$$\Sigma P_{\alpha} = P_{\alpha \text{ tanah}} + P_{\alpha \text{ air}}$$

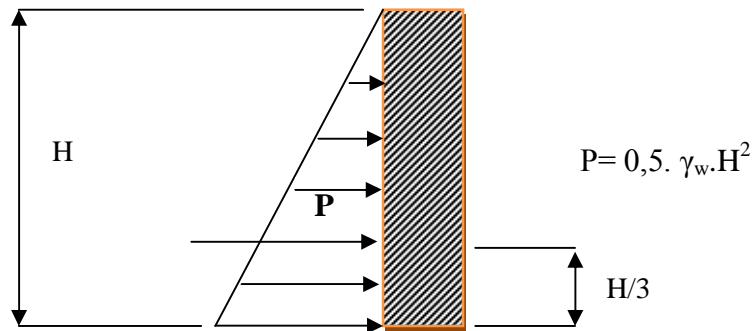
Untuk menentukan momen aktif pada dinding penahan air adalah

$$M_{\alpha \text{ tanah}} = P_{\alpha \text{ tanah}} \times H/3$$

$$\Sigma M_{\alpha} = M_{\alpha \text{ air}} + M_{\alpha \text{ tanah}}$$

2. Gaya Hidrostatik air

Gaya tekan air atau gaya hidrostatik adalah gaya horizontal akibat air di hulu dan hilir bendung. Tekanan hidrostatik adalah fungsi kedalaman dibawah permukaan air, dan bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Besarnya momen akibat tekanan hidrostatik adalah



Gambar 2.12. tekanan air pada dinding tegak

Sumber : (kp-06. parameter bangunan, 1986)

$$P_{air} = 0,5 \cdot H^2 \cdot \gamma_w$$

Moment

$$M_{air} = P_{air} \times H/3$$

Dengan :

P_{atanah} = tekanan tanah aktif (kN)

P_{air} = tekanan air aktif (kN)

γ_k = berat volume tanah kering (kN/m³)

γ_w = berat volume air (kN/m³)

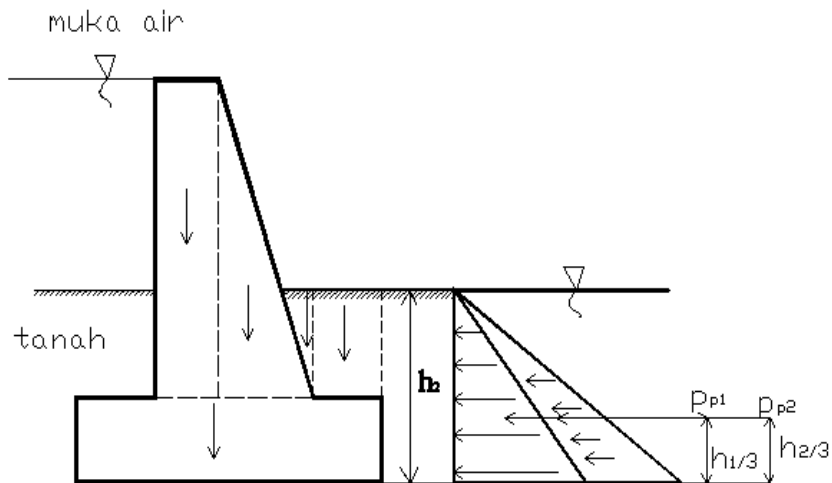
k_a = koefisien tekanan tanah aktif

M_{air} = momen tekanan air (kN.m)

M_{atanah} = momen tekanan tanah (kN.m)

ΣM_a = momen tekanan aktif (kN.m)

3. Tekanan tanah pasif



Gambar 2.13. Tekanan tanah pasif pada dinding penahan tanah

Tekanan tanah pasif:

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h_{\text{tanah}}^2 \cdot K_p$$

Maka, untuk momen tekanan tanah pasif

$$M_p = P_p \times H/3$$

Dengan :

P_p = tekanan tanah pasif (kN)

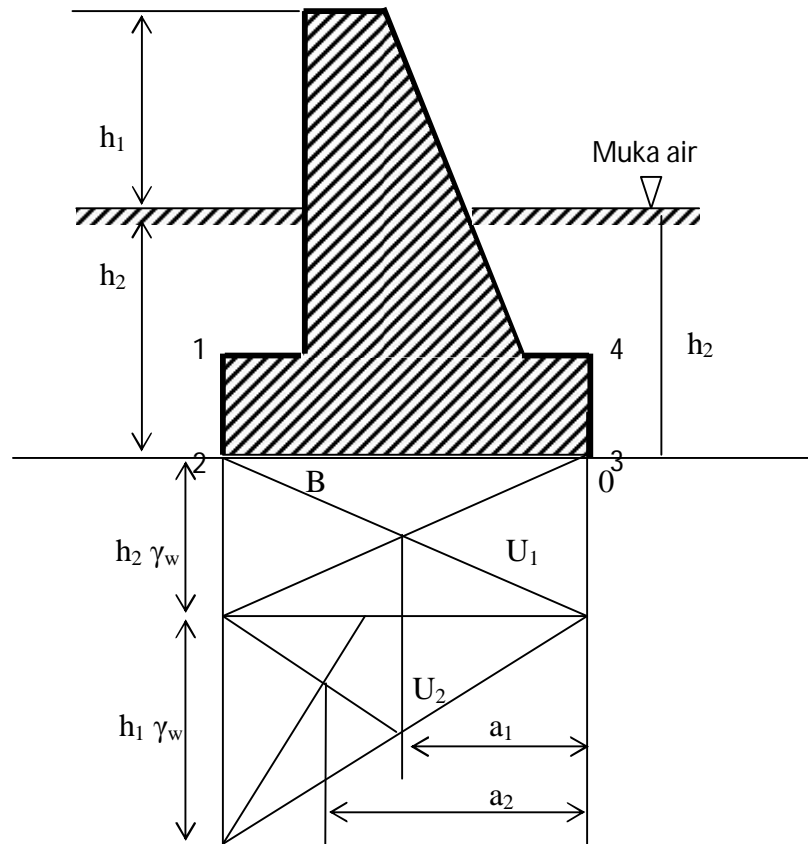
γ_b = berat volume tanah basah (kN/m³)

M_p = momen tekanan pasif (kN.m)

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

4. Tekanan uplift

Muka air
▽



Gambar 2.14. Pengaruh tekanan uplift pada dinding penahan air

$$U_1 = B \cdot h_2 \cdot \gamma_w$$

$$Mu_1 = U_1 \cdot a_1$$

$$U_2 = 0,5 \cdot B \cdot h_2 \cdot \gamma_w$$

$$Mu_2 = U_2 \cdot a_2$$

$$\Sigma U = U_1 + U_2$$

$$\Sigma Mu = Mu_1 + Mu_2$$

Dengan:

$$\Sigma U = H_w = \text{gaya uplift (kN)}$$

B = lebar dinding (m)

γ_w = berat volume air (kN/m³)

ΣMu = momen uplift (kN.m)

G. Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan

1. Stabilitas terhadap geser

Gaya aktif tanah (P_a) selain menimbulkan terjadinya momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga dinding akan bergeser. Bila dinding penahan tanah dalam keadaan stabil, maka gaya-gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang ($\Sigma F = 0$ dan $\Sigma M = 0$). Perlawanan terhadap gaya dorong ini terjadi pada bidang kontak antara tanah dasar dinding penahan tanah dengan tanah dasar pondasi (Suryolelono, 1994).

Rumus yang digunakan :

$$SF = \frac{f \cdot \Sigma(V)}{\Sigma(H)} \dots \dots \dots (2-43)$$

di mana:

$\Sigma (H)$ = keseluruhan gaya horizontal yang bekerja pada bangunan (kN)

$\Sigma (V)$ = keseluruhan gaya vertikal (kN)

f = koefisien gesekan

SF = faktor keamanan

Tabel 2.3 Harga-harga perkiraan untuk koefisien gesekan
(KP-02 perencanaan bendung, 1986)

Bahan	<i>F</i>
Pasangan batu pada pasangan batu	0,60 – 0,75
Batu keras berkualitas baik	0,75
Kerikil	0,50
Pasir	0,40
Lempung	0,30

Untuk bangunan-bangunan kecil, seperti bangunan-bangunan yang dibicarakan di sini, di mana berkurangnya umur bangunan, kerusakan besar dan terjadinya bencana besar belum dipertimbangkan, harga-harga faktor keamanan (SF) yang dapat diterima adalah: 2,0 untuk kondisi pembebanan normal dan 1,25 untuk kondisi pembebanan ekstrem.

Kondisi pembebanan ekstrem dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tak ada aliran di atas mercu selama gempa, atau
2. Banjir rencana maksimum.

Apabila, untuk bangunan-bangunan yang terbuat dari beton, harga yang aman untuk faktor gelincir yang hanya didasarkan pada gesekan saja (persamaan 2-43) ternyata terlampaui, maka bangunan bisa dianggap aman jika faktor keamanan dari rumus itu yang mencakup geser (persamaan 2-44), sama dengan atau lebih besar dari harga-harga faktor keamanan yang sudah ditentukan.

$$\Sigma(H) \leq \frac{f \cdot \Sigma(V-U) + c \cdot A}{S} \dots\dots\dots(2-44)$$

di mana:

c = satuan kekuatan geser bahan (kN/m²)

A = luas dasar yang dipertimbangkan (m²)

Harga-harga faktor keamanan jika geser juga dicakup, sama dengan harga-harga yang hanya mencakup gesekan saja, yakni 2,0 untuk kondisi normal dan 1,25 untuk kondisi ekstrem.

Untuk beton, c (satuan kekuatan geser) boleh diambil 1.100 kN/m^2 ($= 110 \text{ Tf/m}^2$). Persamaan (2-44) mungkin hanya digunakan untuk bangunan itu sendiri. Kalau rumus untuk pondasi tersebut akan digunakan, perencana harus yakin bahwa itu kuat dan berkualitas baik berdasarkan hasil pengujian. Untuk bahan pondasi nonkohesi, harus digunakan rumus yang hanya mencakup gesekan saja (persamaan 2-43).

2. Stabilitas terhadap guling

Agar bangunan aman terhadap guling, maka resultante semua gaya yang bekerja pada bagian bangunan di atas bidang horisontal, termasuk gaya angkat, harus memotong bidang ini pada teras. Tidak boleh ada tarikan pada bidang irisan mana pun. Besarnya tegangan dalam bangunan dan pondasi harus tetap dipertahankan pada harga-harga maksimal yang dianjurkan.

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah diatas fondasi.

Sedangkan untuk kontruksi pangkal jembatan, pilar jembatan, dinding saluran dan lain-lain perlu diperhatikan terhadap gerusan yang diakibatkan oleh aliran air sehingga mengurangi besarnya tekanan pasif. Untuk ini tekanan tanah pasif dapat diabaikan dalam perhitungan (Suryolelono, 1994).

Faktor aman terhadap penggulingan (SF) didefinisikan sebagai :

$$SF = \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} \geq 1,5$$

Dimana :

ΣM_t = momen tahan terhadap guling (kNm)

ΣM_g = momen total sesungguhnya yang menyebabkan guling (kNm)

Tahanan tanah pasif oleh tanah yang berada di depan kaki dinding depan sering diabaikan dalam hitungan stabilitas. Jika tahanan tanah pasif yang ditimbulkan oleh pengunci dasar fondasi diperhitungkan, maka nilainya harus direduksi untuk mengantisipasi pengaruh-pengaruh erosi, iklim, dan retakan akibat tegangan-tegangan tarik tanah dasar yang kohesif.

BAB III METODE KAJIAN

A. Tahap Persiapan

Untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam mengerjakan Proyek Akhir ini diperlukan langkah-langkah yang sistematis dan benar. Penyusunan pada tahap awal adalah dengan mengumpulkan data yang diperlukan, karena pada Proyek Akhir ini berupa kajian analisis *parafet* (tanggul penahan banjir). Sehingga diperlukan data untuk mendukung penyusunan ini, antara lain :

1. Data lokasi dan obyek yang di kaji.
2. Data pendukung yang diperlukan.
3. Informasi dari nara sumber sesuai dengan bahan yang dikaji.
4. Buku referensi untuk mendukung penyelesaian Proyek Akhir ini.
5. Searching di internet untuk lebih memaksimalkan pekerjaan.

B. Metode Pengumpulan Data

Metode yang diperlukan dalam penulisan Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Metode Observasi

Data ini diperoleh peninjauan lokasi proyek dengan cara pengamatan langsung obyek yang akan dikaji dan melakukan pencatatan data-data yang diperlukan dilapangan.

2. Metode Pengambilan Data

Data-data yang dibutuhkan diperoleh dengan cara mencari data yang berhubungan dengan proyek ini, pihak yang berwenang adalah Dinas Pekerjaan Umum.

3. Metode Analisis

Setelah data yang diperlukan diperoleh secara keseluruhan, maka data yang ada tersebut dikumpulkan. Kemudian dengan literature yang sudah didapatkan maka data tersebut diolah dan dianalisis dengan menggunakan data yang diperoleh di lapangan, menggunakan formula yang ada pada landasan teori.

C. Tahap Pengolahan Data

Untuk mempermudah penyelesaian Proyek Akhir agar hasil yang diperoleh maksimal dengan perancangan yang matang, maka digunakan pengolahan data dengan cara Pengelompokan data sesuai dengan Metode yang digunakan meliputi Metode Observasi dan Metode Pengambilan Data. Data-data ini selanjutnya dipakai untuk analisis Proyek Akhir agar diperoleh hasil perencanaan yang matang.

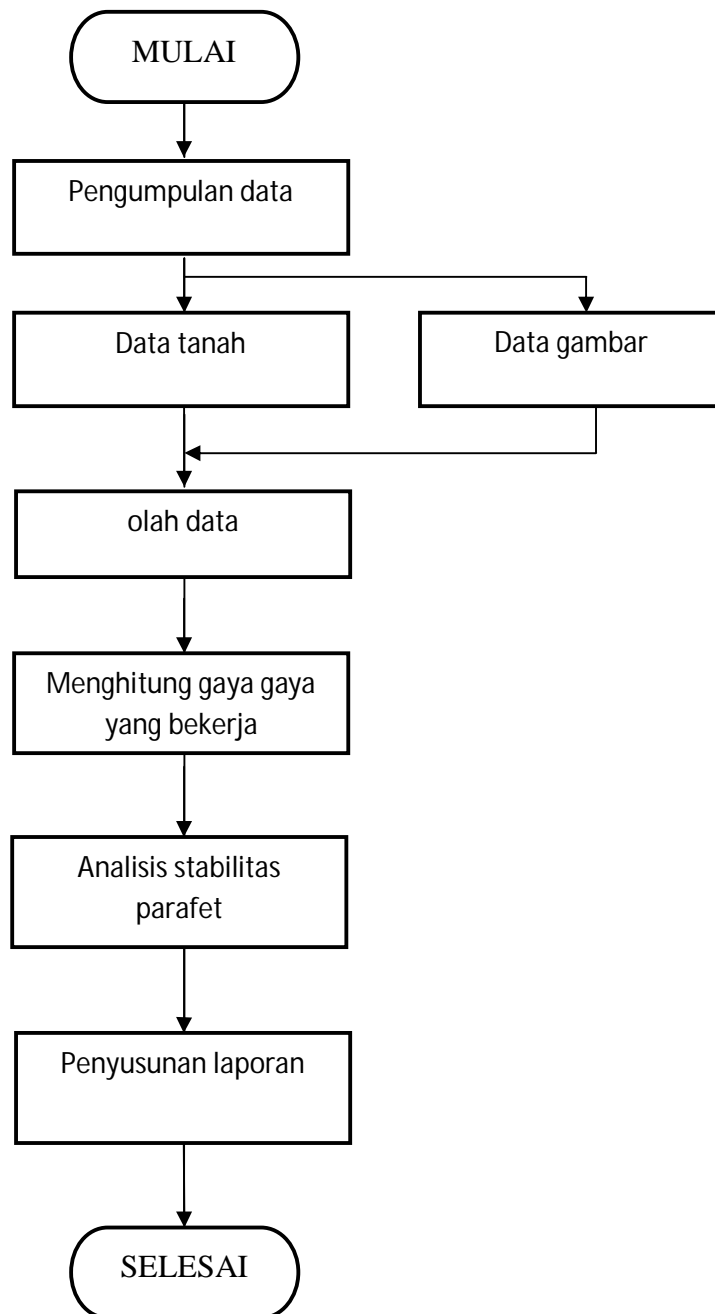
D. Tahap Pemecahan Masalah

Pada tahap ini data yang sudah terkumpul diklasifikasikan menurut permasalahannya, kemudian dilanjutkan ketahap pemecahan masalahnya. Pada pemecahan kajian mengacu pada pedoman yang berlaku yaitu buku mekanika teknik 2 dan Buku pondasi. Selain itu, banyak juga buku penunjang yang lain untuk mempermudah pemecahan masalah ini

Sebagai data – data penunjang untuk menghitung stabilitas parafet pada sungai Grindulu ini, maka dihitung pula data – data sebagai berikut ini :

- a. Berat volume air (γ_w)
- b. Berat volume tanah (γ_b)
- c. Berat volume batu (γ_{batu})
- d. Berat volume tanah jenuh (γ_{sat})
- e. Berat jenis tanah (G_s)
- f. Adhesi antar tanah dan dinding ($c = c_a$)
- g. Lebar parafet (B)
- h. Tinggi parafet (H_{total})
- i. Tinggi air (H_{air})
- j. Tinggi tanah urug (H_{tanah})
- k. Jumlah gaya vertical (ΣW)
- l. Sudut gesek antara tanah dan dasar pondasi, biasanya diambil $1/3 - 2/3 \phi$ (δ_b)

E. Alur perhitungan



Gambar 3.1. *flowcart* study kasus

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengumpulan Data

Pada proses analisis parafet terhadap stabilitas penggulingan dan penggeseran menggunakan perbandingan setiap titik parafet, dari titik P_0 sampai titik P_{15} .

Pembangunan parafet ini mempunyai panjang 1,4 km dan berada di sepanjang pinggir sungai Grindulu. Tepatnya dari desa Arjosari sampai ke desa Gembong Kecamatan Arjosari Kabupaten Pacitan. Daerah ini yang merupakan daerah langganan banjir, karena letaknya yang dibantaran sungai.

Setelah melakukan observasi maka didapat data – data yang di gunakan untuk menghitung stabilitas dinding penahan air. Data diambil dari gambar kerja dan pengukuran di lapangan. Adapun data – data teknis yang diperoleh diantaranya sebagai berikut :

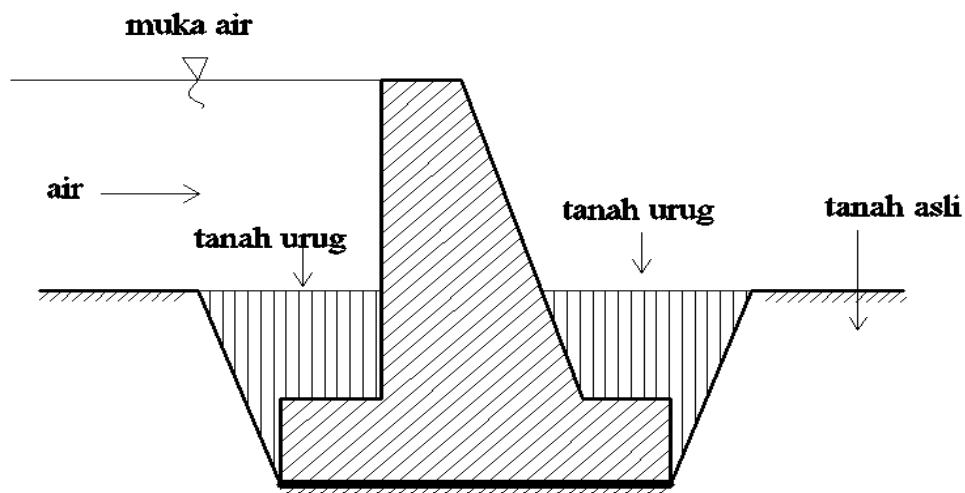
Data Spesifik Proyek

- | | |
|---------------------|-------------------------------------|
| 1. Nama Pekerjaan | : Parafet sungai Grindulu |
| 2. Jenis pekerjaan | : Pasangan batu kali dan batu pecah |
| 3. Lokasi pekerjaan | : |
| Desa | : Gembong dan Arjosari |
| Kecamatan | : Arjosari |
| Kabupaten | : Pacitan |
| Provinsi | : Jawa Timur |

4. Tolok Ukur :
- Parafet : 1400 m
- Revetment : 400 m

B. Langkah Perhitungan

Dalam parafet sungai Grindulu ini terdapat beberapa ruas atau titik bangunan yang mempunyai ukuran yang berbeda, sehingga akan dilakukan perhitungan disetiap ruasnya. Apabila ada kesamaan ukuran, maka akan dilakukan perhitungan salah satu ruas saja.



Gambar 4.1. Penampang Parafet

Analisis yang digunakan adalah untuk menghitung :

1. Stabilitas terhadap penggeseran
2. Stabilitas terhadap penggulingan

Gaya gaya yang bekerja pada dinding penahan meliputi :

1. Berat sendiri dinding penahan (W)
2. Gaya tekanan tanah aktif total (P_a)
3. Gaya tekanan tanah pasif total (P_p)

4. Tekanan air pori dalam tanah (P_w)

5. Reaksi tanah dasar (R)

Menghitung stabilitas penggeseran dan penggulingan masing –masing ruas pada parafet sungai Grindulu, Untuk mempermudah perhitungan stabilitas penggulingan dan stabilitas penggeseran maka data yang belum ada dihitung terlebih dahulu.

Data tersebut adalah :

m. Angka pori $e = 0,294$

n. Berat spesifik tanah $G_s = 2,641$

o. Berat volume tanah kering $\gamma_d = \frac{G_s \times \gamma_w}{1+e}$
 $= \frac{2,641 \times 9,81}{1+0,294}$
 $= 20,02 \text{ kN/m}^3$

p. Kadar air tanah asli $w = 39 \% = 0,39$

q. Berat volume tanah jenuh $\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w \times (G_s + e)}{1+e}$
 $= \frac{9,81 \times (2,641 + 0,294)}{1+0,294}$
 $= 22,25 \text{ kN/m}^3$

r. Berat volume tanah basah $\gamma_b = \gamma_d (1 + w)$
 $= 20,02 (1 + 0,39)$
 $= 27,82 \text{ kN/m}^3$

$$\begin{aligned}
\text{s. Berat volume tanah apung } \gamma' &= \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \\
&= 22,25 - 9,81 \\
&= 12,44 \text{ kN/m}^3 \\
\text{t. Berat volume batu } \gamma_{\text{batu}} &= 22 \text{ kN/m}^3 \\
\text{u. Berat volume air } \gamma_w &= \rho \times g \\
&= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/det}^2 \\
&= 9810 \text{ kg m/det}^2 \text{m}^3 \\
&= 9810 \text{ N/m}^3 \\
&= 9,81 \text{ kN/m}^3 \\
\text{v. Kohesi tanah } c &= 0,05 \text{ kg/cm}^2 = 500 \text{ kg/m}^2 \\
&= 500 \text{ kg/m}^2 \times 9,81 \text{ m/det}^2 \\
&= 4905 \text{ N/m}^2 = 4,905 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Menurut KP-02 perencanaan bendung 1986, kohesi tidak diperhitungkan.

$$\text{w. } \varphi = 10^0$$

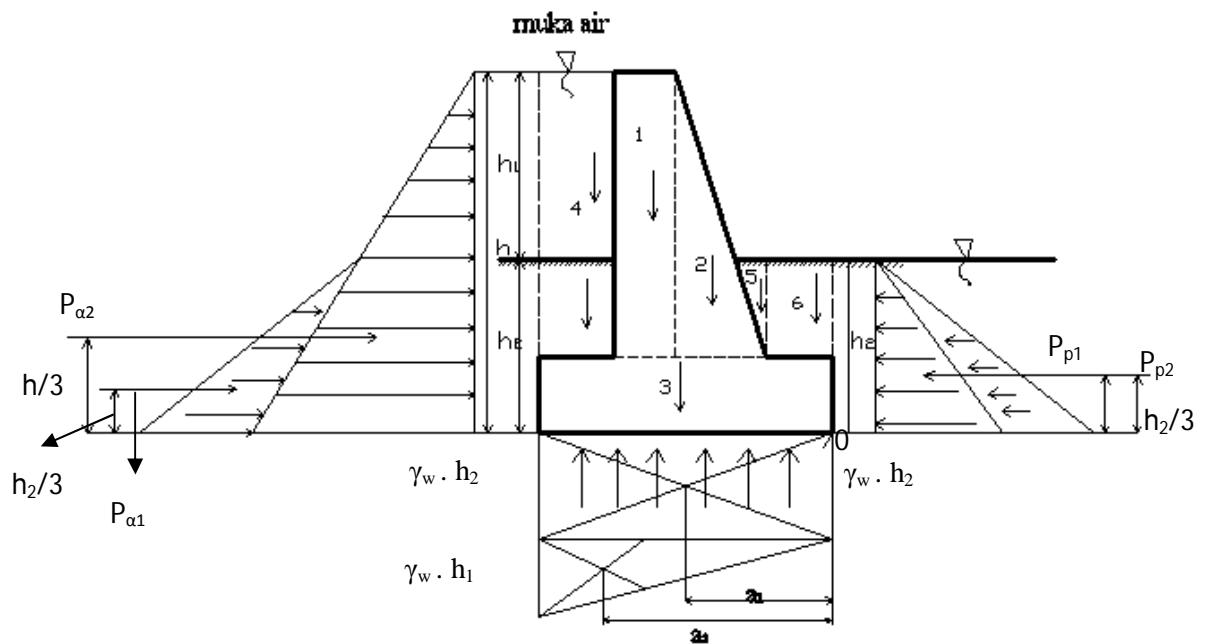
Analisis dinding penahan banjir (*parafet*) dihitung setiap titiknya, diambil salah satu titik untuk mewakili perhitungan.

1. Titik PIII

Perhitungan :

Yang perlu diketahui untuk menyelesaikan perhitungan pada titik PIII adalah

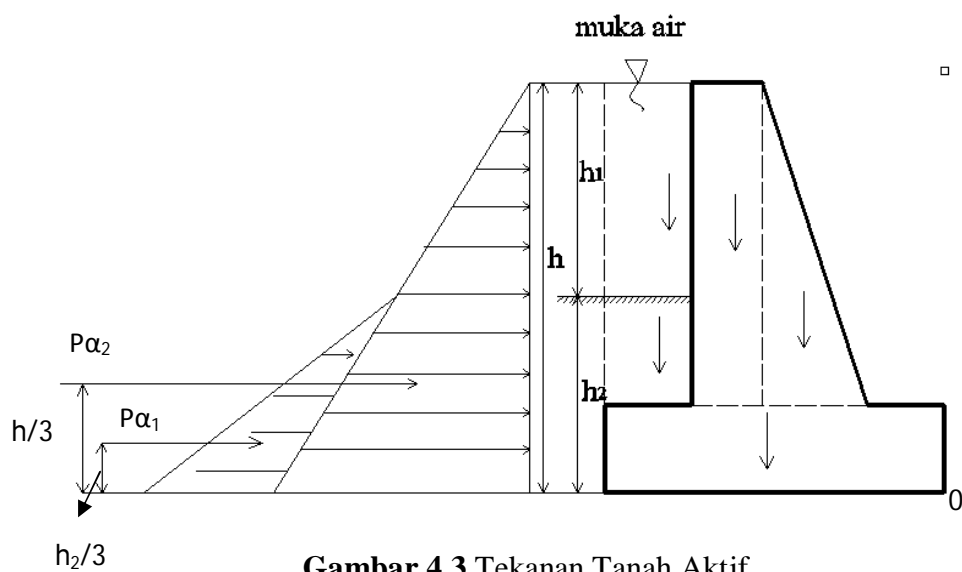
$$\begin{aligned}
\text{a. } B &= 1,94 \text{ m} \\
\text{b. } H &= 2,2 \text{ m} \\
\text{c. } h_1 &= 1,07 \text{ m} \\
\text{d. } h_2 = H_2 &= 1,13 \text{ m}
\end{aligned}$$



Gambar 4.2. Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Penahan Banjir

Maka penyelesaian adalah :

1. Perhitungan tekanan tanah aktif



Gambar 4.3 Tekanan Tanah Aktif

Tekanan aktif tanah dihitung menggunakan rumus (2-21) maka didapatkan perhitungan koefisien tekanan aktif (K_a).

$$\begin{aligned} K_a &= \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2) \\ &= \operatorname{tg}^2 (45 - 10/2) \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

Setelah koefisien tekanan aktif (K_a) diketahui, maka dengan menggunakan rumus (2-24) didapatkan nilai tekanan tanah aktif (P_{a1}).

$$\begin{aligned} P_{a1} &= 0,5 \times \gamma' \times h_1^2 \times K_a \\ &= 0,5 \times 12,44 \times 1,13^2 \times 0,7 \\ &= \mathbf{5,55 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Perhitungan momen untuk tekanan tanah aktif adalah mengkalikan tekanan tanah aktif (P_{tanah}) dengan titik tangkap gaya pada tekanan tanah aktif, yaitu H/3 dari dasar dinding

Tinggi tanah adalah 1,13 m, maka :

$$\begin{aligned} M_{a1} &= P_{a2} \times 1/3 \times h_1 \\ &= 5,55 \times 1/3 \times 1,13 \\ &= \mathbf{2,09 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

2. Tekanan hidrostatik aktif

Gaya tekan air atau gaya hidrostatik adalah gaya horizontal akibat air dan bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan.

Perhitungannya :

$$\begin{aligned}P_{a2} &= 0,5 \times \gamma_w \times h^2 \\&= 0,5 \times 9,81 \times 2,2^2 \\&= \mathbf{23,74 \text{ kN}}\end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada tekanan hidrostatik adalah mengalikan tekanan hidrostatik dengan titik tangkap gaya air, yaitu $H/3$ dari tinggi air aktif.

Tinggi air adalah 2,2 m, maka :

Momen aktif

$$\begin{aligned}M_{a2} &= P_{a1} \times 1/3 \times h \\&= 23,74 \times 1/3 \times 2,2 \\&= \mathbf{17,4 \text{ kNm}} \quad \curvearrowleft\end{aligned}$$

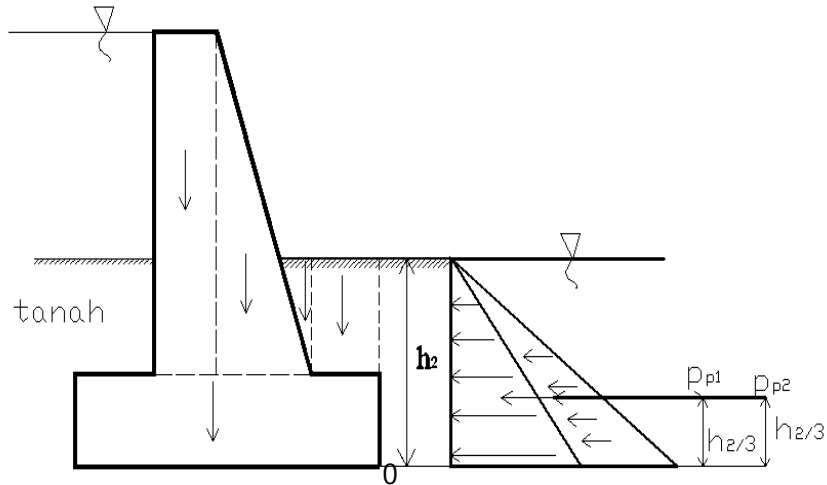
Jumlah tekanan aktif yang bekerja

$$\begin{aligned}\Sigma P_a &= P_{a1} + P_{a2} \\&= 5,55 + 23,74 \\&= \mathbf{29,29 \text{ kN}}\end{aligned}$$

Jumlah momen aktif yang bekerja

$$\begin{aligned}\Sigma M_a &= M_{a1} + M_{a2} \\&= 2,09 + 17,4 \\&= \mathbf{19,49 \text{ kNm}} \quad \curvearrowleft\end{aligned}$$

3. Perhitungan tekanan tanah pasif



Gambar 4.4 Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif adalah tanah yang bekerja berlawanan dengan tekanan tanah aktif yang berfungsi untuk menahan dan menjaga kestabilan *parafet*. Dengan menggunakan rumus (2-26) didapatkan nilai koefisien tekanan tanah pasif.

$$\begin{aligned} K_p &= \text{tg}^2 (45^\circ + \phi/2) \\ &= \text{tg}^2 (45 + 10/2) \\ &= 1,42 \end{aligned}$$

Setelah koefisien tekanan pasif (K_p) diketahui, maka dengan menggunakan rumus (2-24) didapatkan nilai tekanan tanah pasif (P_{p1}).

$$\begin{aligned} P_{p1} &= 0,5 \times \gamma_b \times h_2^2 \times K_p \\ &= 0,5 \times 20,02 \times 1,13^2 \times 1,42 \\ &= \mathbf{18,15 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Perhitungan momen untuk tekanan tanah aktif adalah mengkalikan tekanan tanah pasif (P_{p1}) dengan titik tangkap gaya pada tekanan tanah aktif, yaitu $H/3$ dari dasar dinding

Tinggi tanah adalah 1,13 m, maka :

Momen pasif

$$\begin{aligned} M_{p1} &= P_{p1} \times 1/3 \times h_2 \\ &= 18,15 \times 1/3 \times 1,13 \\ &= \mathbf{6,83 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

4. Tekanan hidrostatik pasif

Gaya tekan air atau gaya hidrostatik adalah gaya horizontal akibat air dan bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Tekanan hidrostatik pasif bekerja untuk menahan tekanan hidrostatik aktif.

Perhitunganya :

$$\begin{aligned} P_{p2} &= 0,5 \times \gamma_w \times h_2^2 \\ &= 0,5 \times 9,81 \times 1,13^2 \\ &= \mathbf{6,26 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada tekanan hidrostatik adalah mengkalikan tekanan hidrostatik dengan titik tangkap gaya air, yaitu $H/3$ dari tinggi air pasif.

Tinggi air adalah 1,13 m, maka :

Momen pasif

$$\begin{aligned} M_{p2} &= P_{p2} \times 1/3 \times h_2 \\ &= 6,26 \times 1/3 \times 1,13 \\ &= \mathbf{2,35 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

Jumlah tekanan pasif yang bekerja

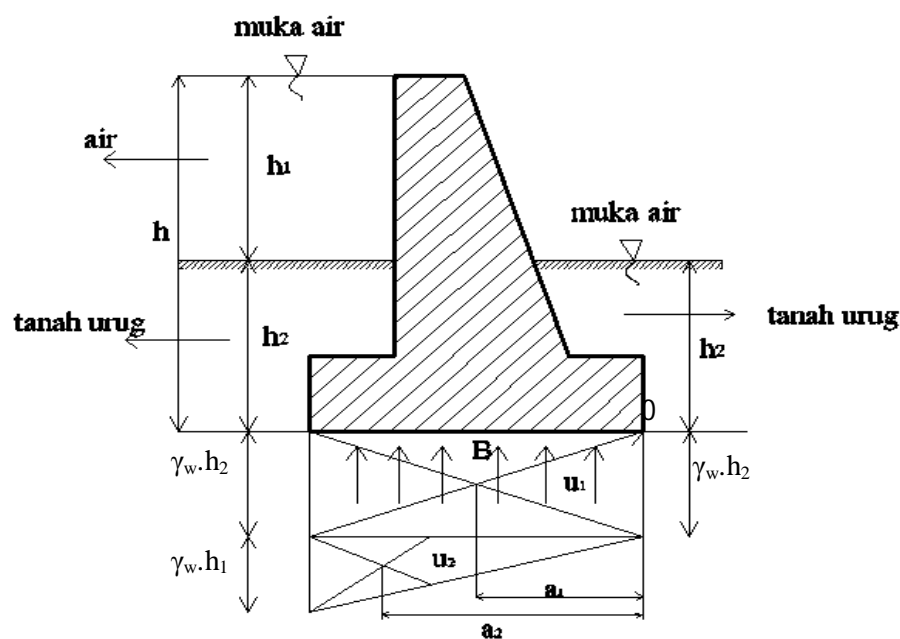
$$\begin{aligned}\Sigma P_p &= P_{p1} + P_{p2} \\ &= 18,15 + 6,26 \\ &= \mathbf{24,41 \text{ kN}}\end{aligned}$$

Jumlah momen pasif yang bekerja

$$\begin{aligned}\Sigma M_p &= M_{p1} + M_{p2} \\ &= 6,83 + 2,35 \\ &= \mathbf{9,18 \text{ kNm}} \quad \curvearrowright\end{aligned}$$

5. Menghitung gaya uplift

Pada konstruksi konstruksi di daerah yang tergenang air atau muka air yang tinggi, maka akan terjadi adanya tekanan angkat yang mengurangi angka keamanan. Tekanan air mempengaruhi gaya vertikal dan menyebabkan tahanan terhadap guling semakin kecil, sehingga penyebab guling semakin tinggi.



Gambar 4.5 Gaya Uplift

Gaya uplift yang bekerja pada bangunan ada 2 pias, yaitu :

Pias 1 (U_1) perhitunganya adalah mengkalikan lebar bangunan (B) dengan tinggi air pada tanah (h_2) dan dikalikan berat jenis air (γ_w).

$$\begin{aligned}U_1 &= B \times h_2 \times \gamma_w \\&= 1,94 \times 1,13 \times 9,81 \\&= \mathbf{21,5 \text{ kN}}\end{aligned}$$

Momen yang bekerja adalah perkalian antara U_1 dengan lengan momen($0,5 B$) yang ukur dari titik penggulingan, yaitu :

$$\begin{aligned}Mu_1 &= U_1 \times 0,5 B \\&= 21,5 \times 0,5 \times 1,94 \\&= \mathbf{20,85 \text{ kNm}} \quad \curvearrowleft\end{aligned}$$

Pias 2 (U_2) perhitunganya adalah mengkalikan setengah lebar bangunan ($0,5 \times B$) dengan tinggi air (h_1) dan dikalikan berat jenis air (γ_w).

$$\begin{aligned}U_2 &= 0,5 \times B \times h_1 \times \gamma_w \\&= 0,5 \times 1,94 \times 1,07 \times 9,81 \\&= \mathbf{10,18 \text{ kN}}\end{aligned}$$

Momen yang bekerja adalah mengkalikan U_1 dengan lengan momen ($0,5 B$) yang ukur dari titik penggulingan, yaitu :

$$\begin{aligned}Mu_2 &= U_2 \times 2/3 B \\&= 10,18 \times 2/3 \times 1,94 \\&= \mathbf{13,16 \text{ kNm}} \quad \curvearrowleft\end{aligned}$$

Jumlah gaya uplift yang bekerja

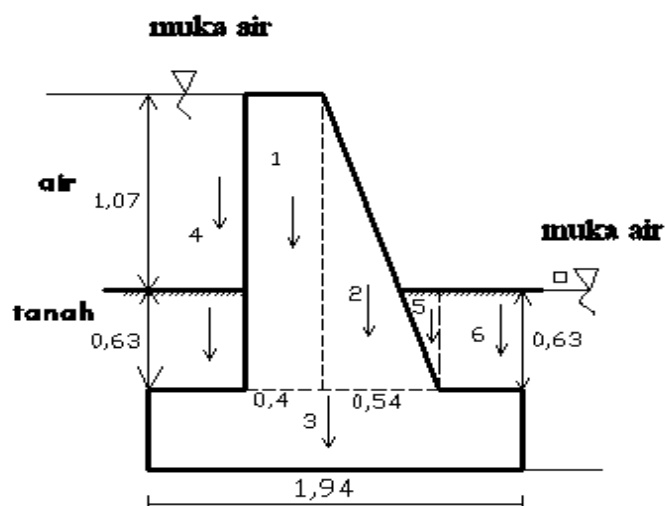
$$\begin{aligned}\Sigma U &= U_1 + U_2 \\ &= 21,5 + 10,18 \\ &= \mathbf{31,68 \text{ kN}}\end{aligned}$$

Jumlah momen uplift yang bekerja

$$\begin{aligned}\Sigma Mu &= Mu_1 + Mu_2 \\ &= 20,85 + 13,16 \\ &= \mathbf{34,01 \text{ kNm}} \curvearrowleft\end{aligned}$$

6. Berat Bangunan

Berat bangunan dihitung berdasarkan bahan yang dipakai dalam pembangunan *parafet* tersebut. Berat bangunan ini menggunakan ketetapan untuk berat volume pasangan batu yaitu 22 kN/m^3 , sedangkan berat bangunan itu sendiri adalah perkalian antara luas pias dengan berat volume batu.



Gambar 4.6 Tubuh *Parafet*

Tabel. 4.1. Berat sendiri kontruksi

NO	Berat sendiri(kN)	Jarak ke O (m)	Momen ke O (kN.m)
1	$1,7 \times 0,4 \times 22 = 14,96$	1,24	18,55
2	$0,5 \times 0,54 \times 1,7 \times 22 = 10,1$	0,8618	8,68
3	$0,5 \times 1,94 \times 22 = 21,34$	0,97	20,70
4	$(1,07 \times 0,5 \times 9,81) + (0,63 \times 0,5 \times 22,25) = 12,26$	1,69	20,71
5	$0,5 \times 0,2 \times 0,63 \times 27,82 = 1,75$	0,569	0,98
6	$0,5 \times 0,63 \times 27,82 = 8,76$	0,25	2,19
	$\Sigma W = 69,17 \text{ kN}$		$\Sigma M = 71,84 \text{ kNm}$

Dalam perhitungan berat bangunan sendiri, berat tekan air sudah diamsukkan dalam perhitungan. Tabel 4.1 diketahui berat bangunan *parafet* dan momen terhadap titik guling *parafet*. Berat sendiri bangunan yang dihitung berdasarkan pias atau titik gaya setelah dijumlahkan diketahui berat sendiri adalah $\Sigma W = 69,17 \text{ kN}$ dan momen yang telah dihitung adalah $\Sigma M = 71,84 \text{ kNm}$

7. Gaya gempa

Gaya gempa ditentukan oleh berat konstruksi *parafet* dan juga ditentukan oleh koefisien gempa. Dalam KP-06 Parameter Bangunan dipakai rumus :

$$a_d = n(a_c \cdot z)^m$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

$n = 1,56$ (karena tanah terendam air sungai sehingga terjadi endapan antara

lain lempung, lanau, pasir, dan kerikil. Jenis tanah ini adalah tanah alluvium)

$$m = 0,89$$

$$a_c = 160 \text{ cm/det}^2 \text{ (untuk periode 100 tahun, lihat tabel 2.2)}$$

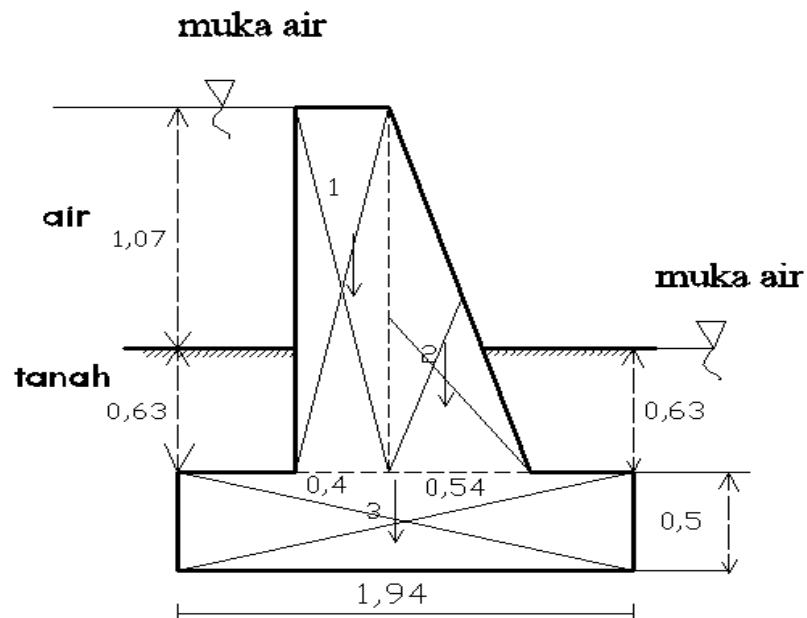
$$g = 981 \text{ cm/det}^2$$

$$z = 1 \text{ (koefisien zona, lihat gambar 2.10)}$$

maka :

$$\begin{aligned} a_d &= n(a_c \cdot z)^m \\ &= 1,56 (160 \cdot 1)^{0,89} \\ &= 142,82 \text{ cm/det}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= \frac{a_d}{g} \\ &= \frac{142,82}{981} \\ &= 0,145 \end{aligned}$$



Gambar 4.7 Gaya Gempa Parafet

Gaya gempa yang terjadi ada 3 pias, yaitu :

$$Gp = \text{luas bagian} \times 1\text{m lebar parafet} \times \gamma_{\text{batu}} \times E$$

Maka,

$$Gp_1 = (1,7 \times 0,4) \times 1 \times 22 \times 0,145 = 2,16 \text{ kN}$$

$$Gp_2 = 0,5 \times (1,7 \times 0,54) \times 1 \times 22 \times 0,145 = 1,46 \text{ kN}$$

$$Gp_3 = (1,94 \times 0,5) \times 1 \times 22 \times 0,145 = 3,09 \text{ kN}$$

Momen gempa :

$$MGp = Gp \times \text{lengan momen}$$

Maka,

$$MGp_1 = 2,16 \times 1,35 = 2,916 \text{ kNm}$$

$$MGp_2 = 1,46 \times 1,06 = 1,54 \text{ kNm}$$

$$MGp_3 = 3,09 \times 0,25 = 0,77 \text{ kNm}$$

Tabel 4.2 Rekapitulasi gaya dan momen gempa

NO	Luas Pias (m ²)	γ_{batu} (kN/m ²)	Beban (kN)	Koefisien gempa (E)	Beban gempa (kN)	Lengan momen terhadap dasar (m)	Momen (kN.m)
1	0,68	22	14,96	0,145	2,16	1,35	2,916
2	0,459	22	10,09	0,145	1,46	1,06	1,54
3	0,97	22	21,34	0,145	3,09	0,25	0,77
ΣGp					6,71	ΣMGp	5,226



Untuk memudahkan dalam perhitungan jumlah gaya dan moment yang mempengaruhi kestabilan *parafet*, maka semua gaya dan momen yang ada dihitung dan direkapitulasi dalam bentuk tabel.

Tabel 4.2 Rekapitulasi gaya dan momen

NO	Nama	Kode	Gaya (kN)
Gaya			
1	Tekanan aktif	(ΣP_a)	29,29
2	Tekanan pasif	(ΣP_p)	24,41
3	Berat sendiri	(ΣW)	69,17
4	Tekanan angkat	(ΣU)	31,68
5	Gaya gempa	(ΣG_p)	6,71
Momen			Momen (kNm)
1	Momen aktif	(ΣM_a)	19,49
2	Momen pasif	(ΣM_p)	9,18
3	Moment berat sendiri	(ΣM)	71,84
4	Moment tekanan angkat	(ΣM_u)	34,01
5	Momen gempa	$(\Sigma M G_p)$	5,226



8. Faktor keamanan terhadap geser dan guling

a. Cek stabilitas terhadap penggeseran

Bangunan parafet dikatakan aman apabila angka keamanan lebih dari 1,5, dan dikatakan bergeser apabila angka keamanan kurang dari 1,5 (factor aman yang disyaratkan).

Bergesernya bangunan dipengaruhi oleh besarnya gaya tahan atau gaya vertical yang berbanding dengan gaya geser atau gaya horizontal. Gaya vertical meliputi berat sendiri (ΣW) dan tekanan keatas (ΣU), sedangkan gaya horizontal adalah tekanan aktif (ΣP_a) dan tekanan pasif (ΣP_p). Koefisien gesek (f) adalah gesek antara tanah dasar dan dasar fondasi. Diambil 0,35 (kp-06 parameter bangunan, 1986).

Diketahui :

$$\Sigma P_a = 29,29 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_p = 24,41 \text{ kN}$$

$$\Sigma W = 69,17 \text{ kN}$$

$$\Sigma U = 31,68 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\Sigma(V) &= \Sigma W + \Sigma U \\ &= 69,17 + (-)31,68 \\ &= 37,49 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma(H) &= \Sigma P_a + \Sigma P_p \\ &= 29,29 + (-) 24,41 \\ &= 4,88 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$f = \text{koefisien gesek}$$

Rumus yang digunakan :

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{f \cdot \Sigma(V)}{\Sigma H} \geq 1,5 \text{ (faktor aman yang disyaratkan)} \\
 &= \frac{0,35 \cdot (69,17 - 31,68)}{(29,29 - 24,41)} \\
 &= \mathbf{2,68 > 1,5 \text{ (aman)}}
 \end{aligned}$$

Pada perhitungan diatas ternyata dinding penahan air aman dari bahaya geser, tetapi untuk lebih menguatkan strukturnya, tiap titik parafet dibangun penyangga. Penyangga ini dibangun pada jarak 5 m, sehingga ada 2 penyangga yang menguatkan struktur bangunan *parafet* tersebut ditiap titiknya.

b. Cek stabilitas terhadap penggulingan

Bangunan parafet dikatakan aman apabila angka keamanan lebih dari 1,5, dan dikatakan guling apabila angka keamanan kurang dari 1,5 (factor aman yang disyaratkan). Bergulingnya bangunan dipengaruhi oleh besarnya momen tahan terhadap guling yang berbanding dengan momen pengguling. Momen tahan meliputi momen berat sendiri (ΣM) dan momen pasif (ΣP_p), sedangkan momen pengguling meliputi momen angkat (ΣMu) dan momen aktif (ΣM_a).

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_a &= 19,49 \text{ kNm} \curvearrowleft \\
 \Sigma M_p &= 9,18 \text{ kNm} \curvearrowright \\
 \Sigma M &= 71,84 \text{ kNm} \curvearrowright \\
 \Sigma Mu &= 34,01 \text{ kNm} \curvearrowleft \\
 \Sigma M_T &= \Sigma M + \Sigma M_p \\
 &= 71,84 + 9,18 \\
 &= 81,02 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

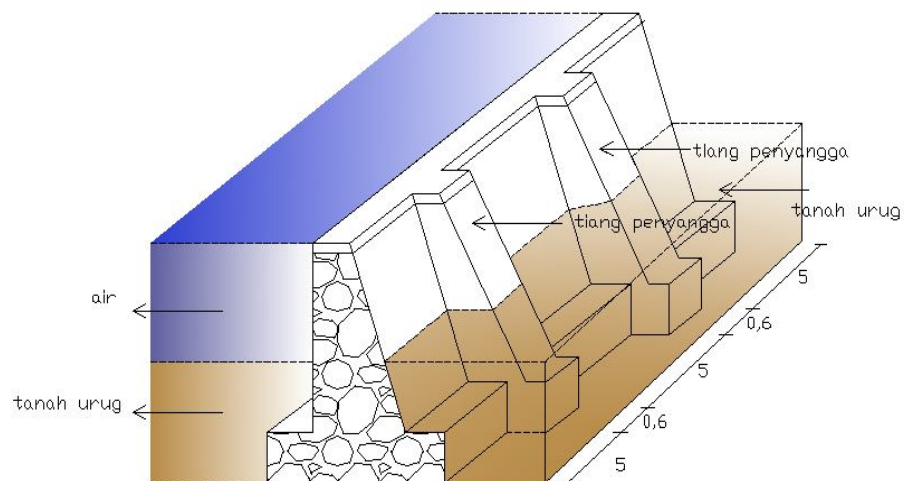
$$\begin{aligned}
 \Sigma M_G &= \Sigma M_u + \Sigma M_a \\
 &= 34,01 + 19,49 \\
 &= 53,5 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\text{SF} = \frac{\Sigma M_T}{\Sigma M_G} > 1,5 \text{ (faktor aman yang disyaratkan)}$$

$$= \frac{71,84 + 9,18}{34,01 + 19,49}$$

$$= 1,51 < 1,5 \text{ (aman)}$$

Pada perhitungan diatas ternyata dinding penahan air aman dari bahaya guling, tetapi terdapat 2 penyangga yang digunakan untuk menguatkan struktur *parafet* tersebut. Diharapkan penyangga ini bisa kuat untuk menahan penggulingan.



Gambar 4.8 Parafet dengan Tiang Penyangga

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis perhitungan dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal mengenai dinding penahan banjir (*parafet*) pada sungai Grindulu di desa Gembong sampai desa Arjosari Kecamatan Pacitan Kabupaten Pacitan , diantaranya sebagai berikut :

1. Parafet pada Sungai Grindulu rata-rata tidak aman terhadap gaya geser karena berdasarkan analisis pada titik-titik yang terpilih, ternyata angka keamanan kurang dari 1,5 (*safety faktor* yang disyaratkan).

Tabel 5.1 Hasil perhitungan geser tiap titik

Titik	Nilai	SF	keterangan
PIII	2,68	1,5	aman
P0	1,16	1,5	Tidak aman
P8	1,36	1,5	Tidak aman
P11	2,2	1,5	aman

Karena stabilitas tidak aman terhadap penggeseran, maka tiap titik pada *Parafet* dibangun 2 tiang penyangga yang diharapkan dapat menahan penggeseran yang terjadi. Selain itu, bisa menghemat lahan pembangunan dan efisien terhadap bahan yang dipakai.

2. Parafet pada Sungai grindulu rata-rata tidak aman terhadap gaya guling karena berdasarkan analisis pada titik-titik yang terpilih, ternyata angka keamanan kurang dari 1,5 (*safety faktor* (SF) yang disyaratkan).

Tabel 5.2 Hasil perhitungan guling tiap titik

Titik	Nilai	SF	Keterangan
III	1,51	1,5	aman
P0	1,40	1,5	Tidak aman
P8	1,25	1,5	Tidak aman
P11	1,35	1,5	Tidak aman

Karena stabilitas tidak aman terhadap penggeseran, maka tiap titik pada *Parafet* dibangun 2 tiang penyangga yang diharapkan dapat menahan momen penggulingan yang terjadi. Selain itu, bisa menghemat lahan pembangunan dan efisien terhadap bahan yang dipakai.

B. Saran

Dari hasil perhitungan stabilitas dinding penahan air pada sungai Grindulu di Desa Gembong sampai Desa Arjosari Kecamatan Pacitan Kabupaten Pacitan , disarankan sebagai berikut :

1. Stabilitas dinding penahan air tidak aman, tetapi terdapat 2 penyangga yang membantu menahan tekanan agar struktur bangunan tersebut tetap aman. Meskipun demikian, alangkah baiknya bila dinding penahan air mempunyai dimensi ukuran yang besar. Selain untuk memperkuat stabilitas dinding bisa

juga digunakan untuk memperkuat ketahanan pemakaian atau jangka waktu pemakaian.

2. Kepada mahasiswa yang ingin mempelajari judul ini, diharap untuk mencari data-data yang lebih lengkap dan buku-buku yang lebih banyak membahas dinding penahan banjir.

PROYEK AKHIR

**KAJIAN ULANG STABILITAS PENGGESERAN DAN
STABILITAS PENGGULINGAN *PARAFET*
DI SUNGAI GRINDULU KABUPATEN PACITAN**

LAMPIRAN 1

PERHITUNGAN TITIK LAIN



PRODI TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Lampiran `1. Perhitungan Pada Titik P0

Perhitungan :

Yang perlu diketahui untuk menyelesaikan perhitungan pada titik P0 adalah

$$\text{c. } B = 2,03 \text{ m}$$

$$\text{d. } H = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{e. } h_1 = 1,347 \text{ m}$$

$$\text{f. } h_2 = H_2 = 1,053 \text{ m}$$

Maka penyelesaian adalah :

1. Perhitungan tekanan tanah aktif

Tekanan tanah aktif

$$K_a = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2)$$

$$= \operatorname{tg}^2 (45 - 10/2)$$

$$= 0,7$$

$$P_{\text{tanah}} = 0,5 \times \gamma' \times H_{\text{tanah}}^2 \times K_a$$

$$= 0,5 \times 12,44 \times 1,053^2 \times 0,7$$

$$= 4,82 \text{ kN}$$

$$M_{\text{atanah}} = P_{\text{atanah}} \times 1/3 \times H_{\text{tanah}}$$

$$= 4,82 \times 1/3 \times 1,053$$

$$= 1,69 \text{ kNm}$$

2. Tekanan hidrostatik aktif

$$\begin{aligned}P_{air} &= 0,5 \times \gamma_w \times H_{air}^2 \\&= 0,5 \times 9,81 \times 2,4^2 \\&= 28,25 \text{ kN}\end{aligned}$$

Momen aktif

$$\begin{aligned}M_{air} &= P_{air} \times 1/3 \times H_{air} \\&= 28,25 \times 1/3 \times 2,4 \\&= 22,6 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Jumlah tekanan dan momen aktif total

$$\begin{aligned}\Sigma P_a &= 28,25 + 4,82 \\&= 33,08 \text{ kN} \\ \Sigma M_a &= 22,6 + 1,69 \\&= 24,29 \text{ kNm}\end{aligned}$$

3. Perhitungan tekanan tanah pasif

Tekanan tanah pasif

$$\begin{aligned}K_p &= \text{tg}^2 (45^\circ + \phi/2) \\&= \text{tg}^2 (45 + 10/2) \\&= 1,42 \\ P_{pl} &= 0,5 \times \gamma_d \times H_{tanah}^2 \times K_p \\&= 0,5 \times 20,02 \times 1,053^2 \times 1,42 \\&= 15,76 \text{ kN}\end{aligned}$$

Momen pasif

$$\begin{aligned}M_{p1} &= P_{p1} \times 1/3 \times H_{\text{tanah}} \\&= 15,76 \times 1/3 \times 1,053 \\&= 5,53 \text{ kNm}\end{aligned}$$

4. Tekanan hidrostatik pasif

$$\begin{aligned}P_{p2} &= 0,5 \times \gamma_w \times H_{\text{tanah}}^2 \\&= 0,5 \times 9,81 \times 1,053^2 \\&= 5,43 \text{ kN}\end{aligned}$$

Moment pasif

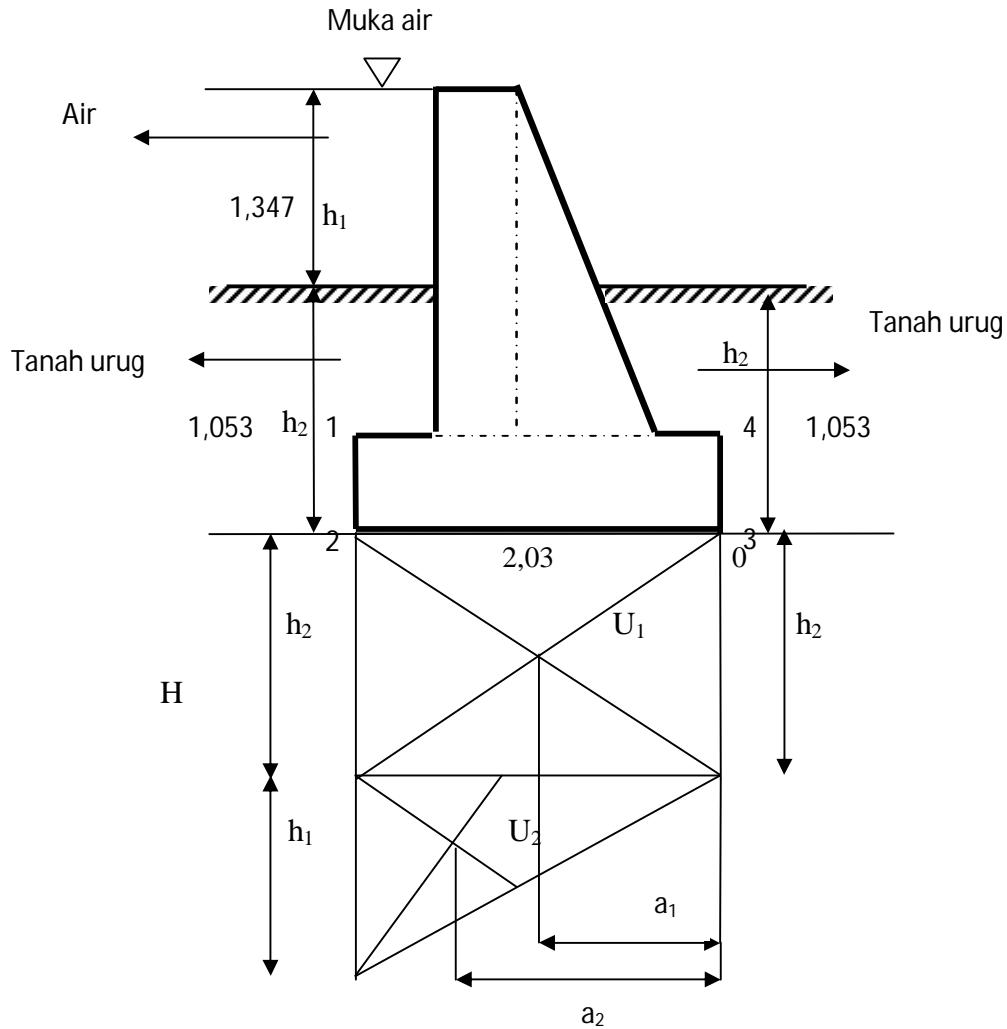
$$\begin{aligned}M_{p2} &= P_{p2} \times 1/3 \times H_{\text{tanah}} \\&= 5,43 \times 1/3 \times 1,053 \\&= 1,9 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Jumlah tekanan dan momen aktif total

$$\begin{aligned}\Sigma P_p &= 15,76 + 5,43 \\&= 21,19 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_p &= 5,53 + 1,9 \\&= 7,44 \text{ kNm}\end{aligned}$$

5. Menghitung gaya uplift



Gambar 4.3 Perhitungan Gaya Uplift

Gaya uplift

$$\begin{aligned}
 U_1 &= B \times h_1 \times \gamma_w \\
 &= 2,03 \times 1,053 \times 9,81 \\
 &= 20,96 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_2 &= 0,5 \times B \times h_2 \times \gamma_w \\
 &= 0,5 \times 2,03 \times 1,347 \times 9,81 \\
 &= 13,4 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma U &= U_1 + U_2 \\
 &= 20,96 + 13,4 \\
 &= 34,36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Moment uplift

$$\begin{aligned}
 Mu_1 &= U_1 \times 0,5 B \\
 &= 20,96 \times 0,5 \times 2,03 \\
 &= 21,27 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mu_2 &= U_2 \times \frac{2}{3} B \\
 &= 13,4 \times \frac{2}{3} \times 2,03 \\
 &= 18,13 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma Mu &= 21,27 + 18,13 \\
 &= 39,4 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan berat sendiri

Perhitungan momen

Tabel. 4.1. Berat sendiri kontruksi ditinjau terhadap titik 0

NO	Berat sendiri(kN)	Jarak ke O (m)	Momen ke O (kN.m)
1	$1,9 \times 0,4 \times 22 = 16,72$	1,33	22,24
2	$0,5 \times 0,63 \times 1,9 \times 22 = 13,16$	0,9	12,11
3	$0,5 \times 2,03 \times 22 = 22,33$	1,01	22,66
4	$(1,402 \times 0,5 \times 9,81) + (0,498 \times 0,5 \times 22,25) = 12,76$	1,78	25,54
5	$0,5 \times 0,16 \times 0,498 \times 27,82 = 1,38$	0,55	0,77
6	$0,5 \times 0,498 \times 27,82 = 7,69$	0,25	1,92
	$\Sigma W = 74,05 \text{ kN}$		$\Sigma M = 82,45 \text{ kNm}$



7. Faktor keamanan terhadap geser dan guling

a. Cek stabilitas terhadap penggeseran

$$\Sigma P_a = 33,08 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_p = 21,19 \text{ kN}$$

$$\Sigma H = P_a - P_p$$

$$\Sigma W = 74,05 \text{ kN}$$

$$\Sigma U = 34,36$$

$$\Sigma V = \Sigma W - \Sigma U$$

Rumus yang digunakan :

$$\begin{aligned} SF &= \frac{f \cdot \Sigma(V)}{\Sigma H} \\ &= \frac{0,35 \cdot (74,05 - 34,36)}{(33,08 - 21,19)} \\ &= 1,16 < 1,5 \text{ (tidak aman)} \end{aligned}$$

b. Cek stabilitas terhadap penggulingan

$$\Sigma M_a = 24,29 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_p = 7,44 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M = 82,45 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_u = 39,4 \text{ kNm}$$

Rumus yang digunakan :

$$SF = \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} \geq 1,5$$

ΣM_w = momen yang melawan penggulingan (kNm)

ΣM_{gl} = momen yang mengakibatkan penggulingan (kNm)

$$\Sigma M_t = \Sigma M + M_p$$

$$\Sigma M_g = M_u + M_a$$

$$SF = \frac{\Sigma M + M_p}{M_u + M_a}$$

$$= \frac{82,45 + 7,44}{39,4 + 24,29}$$

$$= 1,4 < 1,5 \text{ (tidak aman)}$$

Lampiran `2. Perhitungan Pada Titik P8

Perhitungan :

Yang perlu diketahui untuk menyelesaikan perhitungan pada titik P0 adalah

$$g. \quad B = 2,63 \text{ m}$$

$$h. \quad H = 3,9 \text{ m}$$

$$i. \quad h_1 = 2,006 \text{ m}$$

$$j. \quad h_2 = H_2 = 1,894 \text{ m}$$

Maka penyelesaian adalah :

8. Perhitungan tekanan tanah aktif

Tekanan tanah aktif

$$K_{\alpha} = \operatorname{tg}^2 (45^{\circ} - \varphi/2)$$

$$= \operatorname{tg}^2 (45 - 10/2)$$

$$= 0,7$$

$$P_{\text{tanah}} = 0,5 \times \gamma' \times H_{\text{tanah}}^2 \times K_{\alpha}$$

$$= 0,5 \times 12,44 \times 1,894^2 \times 0,7$$

$$= 15,6 \text{ kN}$$

$$M_{\text{otanah}} = P_{\text{otanah}} \times 1/3 \times H_{\text{tanah}}$$

$$= 15,6 \times 1/3 \times 1,894$$

$$= 9,86 \text{ kNm}$$

9. Tekanan hidrostatik aktif

$$\begin{aligned}P_{air} &= 0,5 \times \gamma_w \times H_{air}^2 \\&= 0,5 \times 9,81 \times 3,9^2 \\&= 74,6 \text{ kN}\end{aligned}$$

Momen aktif

$$\begin{aligned}M_{air} &= P_{air} \times 1/3 \times H_{air} \\&= 74,6 \times 1/3 \times 3,9 \\&= 96,98 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Jumlah tekanan dan momen aktif total

$$\begin{aligned}\Sigma P_a &= 15,6 + 74,6 \\&= 90,22 \text{ kN} \\ \Sigma M_a &= 9,86 + 96,98 \\&= 106,84 \text{ kNm}\end{aligned}$$

10. Perhitungan tekanan tanah pasif

Tekanan tanah pasif

$$\begin{aligned}K_p &= \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2) \\&= \text{tg}^2(45 + 10/2) \\&= 1,42 \\ P_{p1} &= 0,5 \times \gamma_d \times H_{tanah}^2 \times K_p \\&= 0,5 \times 20,02 \times 1,894^2 \times 1,42 \\&= 50,98 \text{ kN}\end{aligned}$$

Momen pasif

$$\begin{aligned}M_{p1} &= P_{p1} \times 1/3 \times H_{\text{tanah}} \\&= 50,98 \times 1/3 \times 1,894 \\&= 32,19 \text{ kNm}\end{aligned}$$

11. Tekanan hidrostatik pasif

$$\begin{aligned}P_{p2} &= 0,5 \times \gamma_w \times H_{\text{tanah}}^2 \\&= 0,5 \times 9,81 \times 1,894^2 \\&= 17,59 \text{ kN}\end{aligned}$$

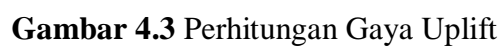
Moment pasif

$$\begin{aligned}M_{p2} &= P_{p2} \times 1/3 \times H_{\text{tanah}} \\&= 17,59 \times 1/3 \times 1,894 \\&= 11,1 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Jumlah tekanan dan momen aktif total

$$\begin{aligned}\Sigma P_p &= 50,98 + 17,59 \\&= 68,58 \text{ kN} \\ \Sigma M_p &= 32,19 + 11,1 \\&= 43,3 \text{ kNm}\end{aligned}$$

12. Menghitung gaya uplift


$$\begin{aligned} U_1 &= B \times h_1 \times \gamma_w \\ &= 2,03 \times 1,894 \times 9,81 \\ &= 48,87 \text{ kN} \\ U_2 &= 0,5 \times B \times h_2 \times \gamma_w \\ &= 0,5 \times 2,03 \times 2,006 \times 9,81 \\ &= 25,88 \text{ kN} \\ \Sigma U &= U_1 + U_2 \end{aligned}$$

$$= 48,87 + 25,88$$

$$= 74,74 \text{ kN}$$

Moment uplift

$$Mu_1 = U_1 \times 0,5 B$$

$$= 48,87 \times 0,5 \times 2,63$$

$$= 64,26 \text{ kNm}$$

$$Mu_2 = U_2 \times 2/3 B$$

$$= 25,88 \times 2/3 \times 2,63$$

$$= 45,6 \text{ kNm}$$

$$\Sigma Mu = 64,26 + 45,6$$

$$= 109,86 \text{ kNm}$$

13. Perhitungan berat sendiri

Perhitungan momen

Tabel. 4.1. Berat sendiri kontruksi ditinjau terhadap titik 0

NO	Berat sendiri(kN)	Jarak ke O (m)	Momen ke O (kN.m)
1	$3,4 \times 0,4 \times 22 = 29,92$	1,93	57,75
2	$0,5 \times 1,23 \times 3,4 \times 22 = 46$	1,3241	60,91
3	$0,5 \times 2,63 \times 22 = 28,93$	1,315	38,04
4	$(2,006 \times 0,5 \times 9,81) + (1,394 \times 0,5 \times 22,25) = 25,35$	2,38	60,33
5	$0,5 \times 0,5 \times 1,394 \times 27,82 = 9,7$	0,65	6,30
6	$0,5 \times 1,394 \times 27,82 = 19,39$	0,25	4,85
	$\Sigma W = 159,29 \text{ kN}$		$\Sigma M = 228,18 \text{ kNm}$



14. Faktor keamanan terhadap geser dan guling

c. Cek stabilitas terhadap penggeseran

$$\Sigma P_a = 90,22 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_p = 68,58 \text{ kN}$$

$$\Sigma H = P_a - P_p$$

$$\Sigma W = 159,29 \text{ kN}$$

$$\Sigma U = 74,74$$

$$\Sigma V = \Sigma W - U$$

Rumus yang digunakan :

$$SF = \frac{f \cdot \Sigma(V)}{\Sigma H}$$

$$= \frac{0,35 \cdot (159,29 - 74,74)}{(90,22 - 68,58)}$$

$$= 1,36 < 1,5 \text{ (tidak aman)}$$

d. Cek stabilitas terhadap penggulingan

$$\Sigma M_a = 106,84 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_p = 43,3 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M = 228,18 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_u = 109,86 \text{ kNm}$$

Rumus yang digunakan :

$$SF = \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} \geq 1,5$$

ΣM_w = momen yang melawan penggulingan (kNm)

ΣM_{gl} = momen yang mengakibatkan penggulingan (kNm)

$$\Sigma M_t = \Sigma M + M_p$$

$$\Sigma M_g = M_u + M_a$$

$$SF = \frac{\Sigma M + M_p}{M_u + M_a}$$

$$= \frac{228,18 + 4,33}{106,84 + 112,85}$$

$$= 1,25 < 1,5 \text{ (tidak aman)}$$

Lampiran `3. Perhitungan Pada Titik P11

Perhitungan :

Yang perlu diketahui untuk menyelesaikan perhitungan pada titik P0 adalah

$$k. B = 2,27 \text{ m}$$

$$l. H = 3,1 \text{ m}$$

$$m. h_1 = 1,506 \text{ m}$$

$$n. h_2 = H_2 = 1,594 \text{ m}$$

Maka penyelesaian adalah :

15. Perhitungan tekanan tanah aktif

Tekanan tanah aktif

$$K_\alpha = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2)$$

$$= \operatorname{tg}^2 (45 - 10/2)$$

$$= 0,7$$

$$P_{\text{tanah}} = 0,5 \times \gamma' \times H_{\text{tanah}}^2 \times K_\alpha$$

$$= 0,5 \times 12,44 \times 1,594^2 \times 0,7$$

$$= 11,06 \text{ kN}$$

$$M_{\text{otanah}} = P_{\text{otanah}} \times 1/3 \times H_{\text{tanah}}$$

$$= 11,06 \times 1/3 \times 1,594$$

$$= 5,87 \text{ kNm}$$

16. Tekanan hidrostatik aktif

$$\begin{aligned}P_{air} &= 0,5 \times \gamma_w \times H_{air}^2 \\&= 0,5 \times 9,81 \times 3,1^2 \\&= 47,13 \text{ kN}\end{aligned}$$

Momen aktif

$$\begin{aligned}M_{air} &= P_{air} \times 1/3 \times H_{air} \\&= 47,13 \times 1/3 \times 3,1 \\&= 96,98 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Jumlah tekanan dan momen aktif total

$$\begin{aligned}P_{\alpha} &= 11,06 + 47,13 \\&= 58,19 \text{ kN} \\M_{\alpha} &= 5,87 + 48,7 \\&= 54,58 \text{ kNm}\end{aligned}$$

17. Perhitungan tekanan tanah pasif

Tekanan tanah pasif

$$\begin{aligned}K_p &= \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2) \\&= \text{tg}^2(45 + 10/2) \\&= 1,42 \\P_{p1} &= 0,5 \times \gamma_d \times H_{tanah}^2 \times K_p \\&= 0,5 \times 20,02 \times 1,594^2 \times 1,42 \\&= 36,11 \text{ kN}\end{aligned}$$

Momen pasif

$$\begin{aligned}M_{p1} &= P_{p1} \times 1/3 \times H_{\text{tanah}} \\&= 36,11 \times 1/3 \times 1,594 \\&= 19,18 \text{ kNm}\end{aligned}$$

18. Tekanan hidrostatik pasif

$$\begin{aligned}P_{p2} &= 0,5 \times \gamma_w \times H_{\text{tanah}}^2 \\&= 0,5 \times 9,81 \times 1,594^2 \\&= 12,46 \text{ kN}\end{aligned}$$

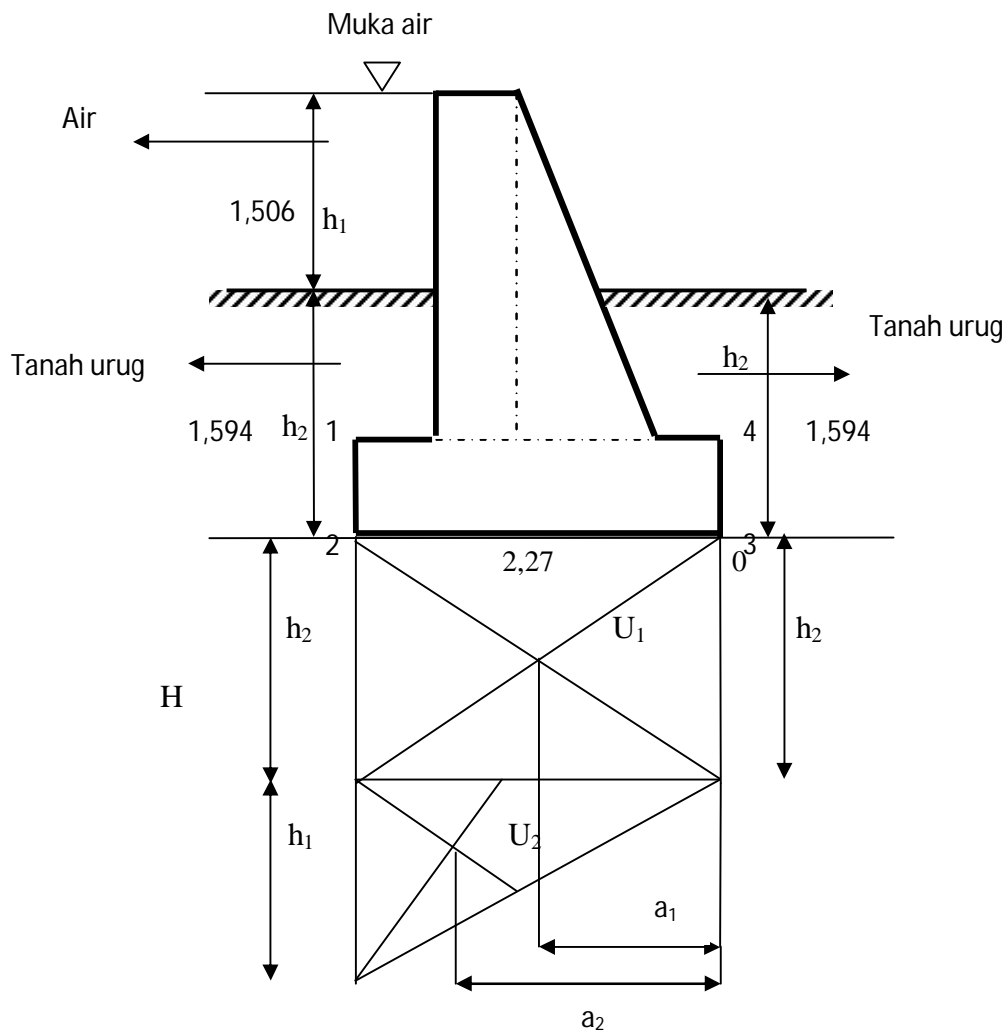
Moment pasif

$$\begin{aligned}M_{p2} &= P_{p2} \times 1/3 \times H_{\text{tanah}} \\&= 12,46 \times 1/3 \times 1,594 \\&= 6,62 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Jumlah tekanan dan momen aktif total

$$\begin{aligned}P_p &= 36,11 + 12,46 \\&= 48,57 \text{ kN} \\M_p &= 19,18 + 6,62 \\&= 25,81 \text{ kNm}\end{aligned}$$

19. Menghitung gaya uplift



Gambar 4.3 Perhitungan Gaya Uplift

Gaya uplift

$$U_1 = B \times h_1 \times \gamma_w$$

$$= 2,27 \times 1,594 \times 9,81$$

$$= 35,5 \text{ kN}$$

$$U_2 = 0,5 \times B \times h_2 \times \gamma_w$$

$$= 0,5 \times 2,27 \times 1,506 \times 9,81$$

$$= 16,77 \text{ kN}$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$= 35,50 + 16,77$$

$$= 52,26 \text{ kN}$$

Moment uplift

$$Mu_1 = U_1 \times 0,5 B$$

$$= 35,5 \times 0,5 \times 2,27$$

$$= 40,29 \text{ kNm}$$

$$Mu_2 = U_2 \times 2/3 B$$

$$= 16,77 \times 2/3 \times 2,27$$

$$= 25,5 \text{ kNm}$$

$$Mu = 40,29 + 25,5$$

$$= 65,79 \text{ kNm}$$

20. Perhitungan berat sendiri

Perhitungan momen

Tabel. 4.1. Berat sendiri kontruksi ditinjau terhadap titik 0

NO	Berat sendiri(kN)	Jarak ke O (m)	Momen ke O (kN.m)
1	$3,1 \times 0,4 \times 22 = 22,88$	1,57	35,92
2	$0,5 \times 0,87 \times 3,1 \times 22 = 24,88$	1,0829	26,94
3	$0,5 \times 2,27 \times 22 = 24,97$	1,135	28,34
4	$(1,506 \times 0,5 \times 9,81) + (1,594 \times 0,5 \times 22,25) = 19,56$	2,02	39,51
5	$0,5 \times 0,53 \times 1,594 \times 27,82 = 5,48$	0,608	3,33
6	$0,5 \times 1,594 \times 27,82 = 15,22$	0,25	3,80
	$\Sigma W = 112,99 \text{ kN}$		$\Sigma M = 137,85 \text{ kNm}$



21. Faktor keamanan terhadap geser dan guling

e. Cek stabilitas terhadap penggeseran

$$P_{\alpha} = 58,19 \text{ kN}$$

$$P_p = 48,57 \text{ kN}$$

$$\Sigma H = P_{\alpha} - P_p$$

$$\Sigma W = 112,99 \text{ kN}$$

$$U = 52,26$$

$$\Sigma V = \Sigma W - U$$

Rumus yang digunakan :

$$\begin{aligned} SF &= \frac{f \cdot \Sigma(V)}{\Sigma H} \\ &= \frac{0,35 \cdot (112,99 - 52,26)}{(58,19 - 48,57)} \\ &= 2,2 > 1,5 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

f. Cek stabilitas terhadap penggulingan

$$M_{\alpha} = 54,58 \text{ kNm}$$

$$M_p = 25,81 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M = 137,85 \text{ kNm}$$

$$M_u = 65,79 \text{ kNm}$$

Rumus yang digunakan :

$$SF = \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} \geq 1,5$$

ΣM_w = momen yang melawan penggulingan (kNm)

ΣM_{gl} = momen yang mengakibatkan penggulingan (kNm)

$$\Sigma M_t = \Sigma M + M_p$$

$$\Sigma M_g = M_u + M_{\alpha}$$

$$SF = \frac{\Sigma M + M_p}{M_u + M_a}$$

$$= \frac{137,85 + 25,81}{65,79 + 54,58}$$

$$= 1,35 < 1,5 \text{ (tidak aman)}$$

PROYEK AKHIR

**KAJIAN ULANG STABILITAS PENGGESERAN DAN
STABILITAS PENGGULINGAN *PARAFET*
DI SUNGAI GRINDULU KABUPATEN PACITAN**

LAMPIRAN 3

FOTO PELAKSANAAN PROYEK



PRODI TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA









